



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG
Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Prédio O - Sala O 314 - Alfenas-MG
CEP: 37130-001 Telefone: (35) 3701-9262 (Secretaria)
E-mail: ppgca@unifal-mg.edu.br



GLEYCON VELOZO DA SILVA

Influência da cobertura florestal na diversidade de polinizadores e na polinização em agroecossistemas

Alfenas/MG

2019

GLEYCON VELOZO DA SILVA

Influência da cobertura florestal na diversidade de polinizadores e na polinização em agroecossistemas

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas/MG. Área de concentração: Diversidade Biológica e Conservação.
Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Marina Wolowski Torres

Alfenas/MG

2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas

Silva, Gleycon Velozo da.
S586i Influência da cobertura florestal na diversidade de polinizadores e na polinização em agroecossistemas. / Gleycon Velozo da Silva – Alfenas/MG, 2019.
 93 f.: il. –

Orientadora: Marina Wolowski Torres.
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, 2019.
Bibliografia.

1. Distância Fragmento Florestais. 2. Visitantes Florais. 3. Conservação de Polinizadores. I. Torres, Marina Wolowski. II. Título.

CDD-633.23

Ficha Catalográfica elaborada por Fátima dos Reis Goiatá
Bibliotecária-Documentalista CRB6/425



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG
Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Prédio O - Sala O 314 - Alfenas-MG
CEP: 37130-001 Telefone: (35) 3701-9262 (Secretaria)
E-mail: ppgca@unifal-mg.edu.br



GLEYCON VELOZO DA SILVA

Influência da cobertura florestal na diversidade de polinizadores e na polinização em agroecossistemas

A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas/MG. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovado em: 23 de fevereiro de 2019

Profa. Dra. Marina Wolowski Torres

Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura:

Profa. Dra. Kayna Agostini

Instituição: UFSCAR

Assinatura:

Prof. Dr. Vinícius Lourenço Garcia de Brito

Instituição: UFU

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pelas pessoas que colocou em meu caminho e que sempre me ajudaram e estiveram ao meu lado em todas as dificuldades.

A minha mãe que é uma guerreira e desde pequeno me espelho na força e garra dela para buscar algo melhor na vida, e que sempre esteve me apoiando e me incentivando ir além nos estudos.

A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Marina Wolowski Torres que desde o início acreditou em meu potencial e me estimulou a realizar uma pesquisa com o que eu tivesse mais afinidade e paixão.

Agradeço a CAPES por apoiar o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

A UNIFAL-MG pela estrutura e fornecimento de materiais e transporte para realização dos campos, e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Agradeço aqui também a Denise, secretária do PPGCA, a qual sempre ajudou e orientou nas dificuldades burocráticas.

Agradeço ao Cássio Franco Moreira por aceitar a realização da pesquisa em sua propriedade e por acreditar na polinização e conservação dos polinizadores.

Agradeço a Priscila Romanatti que sempre esteve no Herbário e no Laboratório de Botânica me auxiliando e tirando todas as dúvidas das coletas de plantas e dando sugestões de como melhorar a parte técnica de minhas coletas em campo.

Agradeço aos professores membros titulares da banca examinadora por aceitarem o convite em avaliar minha dissertação de Mestrado.

Agradeço ao Dr. Liedson Carneiro por ter auxiliado na identificação das abelhas e insetos coletados em campo.

Agradeço a Tatiana de Oliveira Ramos e sua família que me apoiaram em tudo e que sempre estiveram do meu lado.

E em especial agradeço a Rafaela Oliveira de Jesus e a Maristela (Marina de Lima Mohallem), Jaqueline Aparecida da Silva e todo o pessoal que me ajudou e esteve junto em todos os campos e em cada etapa dessa pesquisa, sou eternamente grato a cada um de vocês!

ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Área de estudo de cultivo de café orgânico sombreado e a pleno sol na Fazenda Jacarandá, Machado, MG, Brasil.....	64
Figura 2 – Porcentagem de cobertura florestal no gradiente do talhão menos sombreado ao mais sombreado.....	66
Figura 3 – Taxa de visitação e abundância de <i>Apis mellifera</i> x abelhas nativas nas áreas de cultivo de café orgânico do respectivo estudo.....	67
Figura 4 – Correlação da riqueza de polinizadores e taxa de visitação x taxa de sombreamento no cultivo de café. A) Riqueza de polinizadores x taxa de sombreamento; B) Taxa de visitação x taxa de sombreamento.....	70
Figura 5 – Distribuição do horário de visita das quatro espécies mais abundantes nas flores do café.....	71
Figura 6 – Média do tamanho das sementes dos tratamentos de polinização realizados em cada talhão.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores do tamanho do efeito global e dos intervalos de confiança para cada variável resposta analisada no estudo.....	20
Tabela 2 – Número de visitas realizado por espécie visitante floral registrada em cada talhão.....	68
Tabela 3 - Taxa de frutificação, taxa de aborto dos tratamentos de polinização.....	72

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	9
Capítulo 1 Impacto da distância do remanescente florestal na polinização em agroecossistemas	11
1 INTRODUÇÃO	15
2 MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1 Revisão Sistemática da Literatura	17
2.2 Análise de dados	17
3 RESULTADOS	19
4 DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24
Capítulo 2 - Importância da cobertura florestal no cultivo de café orgânico na diversidade de polinizadores	55
1 INTRODUÇÃO	58
2 MATERIAL E MÉTODOS	61
2.1 Área de estudo	61
2.2 Gradiente de sombreamento	62
2.3 Amostragem dos visitantes florais	63
2.4 Experimentos de polinização	62
2.4.1 Acompanhamento dos tratamentos.....	64
2.5 Pesagem dos frutos e sementes	64
2.6 Análise de dados	65
3 RESULTADOS	66
3.1 Cobertura vegetal	66
3.2 Visitantes florais	66
3.2.2 Horário de visitação e características das visitas.....	69
3.3 Experimentos de polinização	71
3.3.1 Taxa de frutificação.....	71
3.3.2 Frutos.....	71
3.3.3 Sementes.....	72
4 DISCUSSÃO	74
5 CONCLUSÃO	77
CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	79

RESUMO

A maioria dos cultivos agrícolas depende em algum grau da polinização para garantir a produção, sendo as abelhas os principais polinizadores. Um dos fatores que mais ameaça os polinizadores é a perda de habitat. O desmatamento e a transformação de áreas naturais em áreas urbanas e em cultivos extensivos são as principais causas da perda que levam a redução das áreas de nidificação e de recursos para os polinizadores. Conseqüentemente, quanto mais distante de remanescentes florestais, menores são as taxa de visitação e diversidade de polinizadores nos cultivos, o que leva a redução da produção agrícola. O café é um dos cultivos beneficiados pela presença de insetos polinizadores, e quando cultivado próximo a áreas florestadas, maior a abundância de polinizadores e maior o peso do fruto. O Brasil possui, na sua maioria, cultivos de café a pleno sol (cerca de 89% de toda produção cafeeira). E, pouco se sabe sobre o efeito da cobertura vegetal na produção de café em cultivo sombreado. A presença de árvores no cultivo de café tende a melhorar a fertilidade e a umidade do solo, bem como serve de habitat para a fauna. Este estudo teve como objetivo avaliar o quanto a proximidade de áreas florestadas contribuem para a diversidade (riqueza e abundância) de polinizadores, taxa de visitação nos cultivos agrícolas, produção de sementes, taxa de frutificação e peso do fruto. Além disso, comparar a diversidade de insetos polinizadores, taxa de visitação e produção de café a pleno sol e sombreado na região do sul de Minas. Os resultados do primeiro capítulo mostram que a riqueza de polinizadores é negativamente relacionada a distância do fragmento florestal, indicando que quanto maior a distância entre o fragmento florestal e o cultivo, menor é a riqueza. O segundo capítulo apresenta resultados onde observa-se que o cultivo de café sombreado favorece a taxa de visitação de abelhas nativas, e os talhões com maiores taxas de sombreamento foram os que apresentaram maior abundância de visitantes florais no café.

Palavras-chave: distância fragmento florestal; visitantes florais; conservação de polinizadores.

ABSTRACT

Most agricultural crops depend to some degree on pollination to ensure production, with bees being the main pollinators. One of the factors that most threatens pollinators is the loss of habitat. Deforestation and the transformation of natural areas into urban areas and extensive crops are the main causes of loss that lead to the reduction of nesting areas and resources for pollinators. Consequently, the more distant forest remnants, the lower the visitation rate and the diversity of pollinators in the crops, which leads to a reduction in agricultural production. Coffee is one of the crops benefited by the presence of insect pollinators, and when grown near areas forests, the greater the abundance of pollinators and the greater the weight of the fruit. Brazil has mostly coffee crops in the sun (about 89% of all coffee production). And little is known about the effect of plant cover on shade-grown coffee production. The presence of trees in coffee growing tends to improve fertility and soil moisture, as well as serving as habitat for wildlife. The objective of this study was to evaluate how close proximity of forested areas contributes to diversity (richness and abundance) of pollinators, visitation rate in agricultural crops, seed production, fruiting rate and fruit weight. In addition, compare the diversity of insect pollinators, rate of visitation and production of coffee in full sun and shaded in the southern region of Minas. The results of the first chapter show that the richness of pollinators is negatively related to the distance of the forest fragment, indicating that the greater the distance between the forest fragment and the crop, the lower the wealth. The second chapter presents results where it is observed that the cultivation of shaded coffee favors the rate of visitation of native bees, and the plots with higher shading rates were those that presented greater abundance of floral visitors in the coffee.

Keywords: distance forest fragment; floral visitors; conservation of pollinators.

INTRODUÇÃO GERAL

A maioria dos cultivos agrícolas produzidos no mundo depende em algum grau da polinização para a formação de frutos e sementes (IPBES, 2017). Os insetos são os principais vetores de polinização (ROUBIK, 1995; KLEIN et al., 2007). As abelhas são reconhecidas como os principais polinizadores (FAO, 2004; POTTS et al., 2010; MMA, 2014; IPBES, 2017). Uma das maiores ameaças a biodiversidade é a perda de habitat, que ocorre principalmente pela conversão de áreas naturais em áreas urbanas ou para pastagens e lavouras em larga escala (SALA et al., 2000). O aumento da distância do cultivo de habitats naturais e seminaturais diminui a diversidade de polinizadores nativos e a frequência de visitas nas flores (RICKETTS et al., 2008; GARIBALDI et al., 2016). As abelhas são os insetos mais afetados pela distância do hábitat natural e seminatural, principalmente as abelhas sem ferrão que fazem ninhos em troncos de árvores e possuem menor capacidade de voo (ROUBIK, 1988; HEARD, 1999; BROWN; ALBRECHT, 2001; SLAA et al., 2006; BROSI et al., 2008).

A fragmentação e perda de habitat são mencionadas por alguns autores como o principal motivo do declínio de abelhas no mundo (BROWN; PAXTON, 2009; POTTS et al., 2010; GONZÁLEZ-VARO et al., 2013; IPBES, 2017). Isso se justifica pelo fato das abelhas perderem seus locais de nidificação e forrageamento, afetando sua densidade e seu comportamento (ROUBIK, 1992; HADLEY; BETTS, 2012). Conforme aumenta a distância do fragmento florestal para o cultivo, diminui a produção agrícola (GARIBALDI et al., 2011). Estudos relatam que cultivos agrícolas próximos a áreas seminaturais e naturais recebem mais polinizadores, melhorando a produção (KREMEN et al., 2004; GEMMILL-HERREN; OCHIENG, 2008; JHA; VANDERMEER, 2010; HOLZSCHUH et al., 2012; DANNER et al., 2014; BENJAMIN et al., 2014; MOTZKE et al., 2016).

Conforme Carvalho e Krug (1949), um dos cultivos beneficiados pela polinização é o café. Embora o *Coffea arabica* seja autocompatível, quando cultivado próximo a remanescentes florestais, maior o número de polinizadores e maior peso por baga (DE MARCO; COELHO, 2004; KLEIN et al., 2003, 2008; RICKETTS et al., 2004). Além disso, vários estudos apontam que a visita de abelhas nas flores de café aumenta a produção de grãos (DE MARCO; COELHO, 2004; KLEIN et al., 2003; NGO et al., 2011; RICKETTS et al., 2004; VERGARA; BADANO, 2009).

O Brasil é o maior produtor de café do mundo com cerca de 89% de sua produção a pleno sol (FAOSTATS, 2012; JHA et al., 2014). Contudo, existem poucos trabalhos sobre a produção de

café sombreado. Os efeitos do sombreamento variam de acordo com as condições climáticas, altitude, fertilidade do solo, manejo, fotoperíodo e das variedades cultivadas (ESTÍVARIZ-COCA, 1997). No café, a presença de árvores aumenta a quantidade de matéria orgânica no solo devido a queda das folhas, reduz as perdas de nitrogênio, conserva a umidade do solo, aumenta a capacidade de absorção e infiltração de água, e diminui a ocorrência de plantas invasoras (PERFECTO et al., 1996; MUÑOZ; ALVARADO, 1997; ANDRADE; IBRAHIM, 2003; GORMLEY; SINCLAIR, 2003). Além disso, as árvores melhoram a fertilidade do solo e atuam como estoque de carbono na vegetação e no solo, retirando partes significativas de CO₂ da atmosfera além de servir como abrigo para a fauna (PERFECTO et al., 1996; MUÑOZ; ALVARADO, 1997; ANDRADE; IBRAHIM, 2003; GORMLEY; SINCLAIR, 2003).

O sombreamento sendo realizado com espécies e espaçamentos adequados pode apresentar resultados positivos quando comparado ao café a pleno sol (FERNANDES, 1986; MUSCHLER, 2000; BARBERA-CASTILLO, 2001). O sombreamento no café proporciona uma maturação mais lenta, tornando a bebida mais suave e aumenta a capacidade produtiva do cafeeiro (FERNANDES, 1986; MATIELLO, 1995). Hernández (1995), realizou um experimento por dois anos e constatou que o fator de conversão do grão úmido para o seco por unidade foi 0,6% maior nos cultivos de café sombreado, representando um aumento de 44 kg ha⁻¹ de café beneficiado quando comparado ao cultivo a pleno sol. Deste modo, tais estudos servem de subsídio para mostrar a importância dos cultivos agrícolas estarem próximos as áreas florestadas tanto para a conservação dos polinizadores e para a produção, bem como os benefícios do sombreamento na qualidade da produção de café. O presente estudo teve como objetivos: 1) avaliar o efeito da proximidade de áreas florestadas para a diversidade (riqueza e abundância) de polinizadores, taxa de visitação, produção de sementes, taxa de frutificação e peso do fruto; 2) comparar a diversidade de insetos polinizadores, taxa de visitação e produção de café ao longo de um gradiente de sombreamento de cultivo de café na região do sul de Minas.

Capítulo 1 - Impacto da distância do remanescente florestal na polinização em agroecossistemas

Gleycon Velozo da Silva, Ana Carolina Pereira Machado, Rafaela Oliveira de Jesus, Marina Wolowski

RESUMO

A polinização é um serviço ecossistêmico imprescindível para a manutenção da biodiversidade e produção de alimentos. Estimativas recentes apontam que a polinização realizada por animais beneficia cerca de 87,5% das espécies botânicas conhecidas. A conservação de habitats naturais é de grande importância para a manutenção de recursos ambientais para os polinizadores como recursos florais e locais de nidificação. Avaliamos o efeito da distância de remanescentes florestais sobre a polinização e produção de cultivos agrícolas através de uma meta-análise. As variáveis-respostas analisadas foram a diversidade (riqueza e abundância) de polinizadores, taxa de visitação nos cultivos agrícolas, produção de sementes, taxa de frutificação e peso do fruto. Foram revisados 39 trabalhos que representaram 165 casos. O tamanho do efeito foi negativo para frutificação (-0.41), diversidade (-0.98) e riqueza (-0.86) de polinizadores, indicando que há uma relação negativa entre o cultivo e a distância do remanescente florestal. Conclui-se que quando um cultivo do café está próximo aos remanescentes florestais, maior é a diversidade e a riqueza de polinizadores, com potencial de beneficiar a produção agrícola tanto pelo aumento em quantidade (maior frutificação) quanto qualidade (maior peso do fruto) da produção.

Palavras-chave: meta-análise, produção agrícola, sucesso reprodutivo.

ABSTRACT

Pollination is an ecosystem service essential for maintaining biodiversity and food production. Recent estimates indicate that pollination by animals benefits about 87.5% of known botanical species. The conservation of natural habitats is of great importance for the maintenance of environmental resources for pollinators such as floral resources and nesting sites. We evaluated the effect of distance from forest remnants on pollination and production of agricultural crops through a meta-analysis. The variables-responses analyzed were the diversity (richness and abundance) of pollinators, visitation rate in the agricultural crops, seed production, fruiting rate and fruit weight. Thirty-nine papers representing 165 cases were reviewed. The effect size was negative for fruiting (-0.41), diversity (-0.98) and richness (-0.86) of pollinators, indicating that there is a negative relation between the cultivation and the distance of the forest remnant. It is concluded that when coffee cultivation is close to forest remnants, the diversity and richness of pollinators is greater, with the potential to benefit agricultural production both by the increase in quantity (greater fruit) and quality (greater weight of the fruit) of production.

Keywords: meta-analysis, agricultural production, reproductive success.

1 INTRODUÇÃO

A polinização é um serviço ecossistêmico de grande importância para a manutenção da biodiversidade e para a produção de alimentos (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; IPBES, 2017). A maior parte dos alimentos por nós consumidos são polinizados por abelhas, mas outros animais são importantes como mariposas, besouros, borboletas e pequenos vertebrados, destacando-se ainda aves e os morcegos (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012). A polinização é um serviço ecossistêmico regulatório, de provisão e cultural (IPBES, 2017). A polinização realizada por animais nativos pode contribuir de forma eficaz para a polinização de cultivos agrícolas, inclusive melhorando o rendimento do peso e o número de sementes (RADER et al., 2015). Além disso, a polinização dá suporte a outros serviços ecossistêmicos, contribuindo para o aumento na produção agrícola e auxiliando o controle natural de pragas, a ciclagem de nutrientes e a conservação da biodiversidade (BALDINI; DÖBEREINER, 1980; ALCÂNTARA et al., 2000; BOER et al., 2007; RECH et al., 2014; RIGHI; BERNARDES, 2015).

Uma maior disponibilidade de recursos florais causa efeitos positivos no serviço ecossistêmico de polinização (GARIBALDI et al., 2014). Garibaldi e colaboradores (2011) realizaram uma síntese com 39 estudos, os quais apontam que conforme aumenta a distância de um habitat natural do cultivo, diminui a riqueza e a visitação de abelhas selvagens, diminuindo também o conjunto de frutos. Quando um cultivo está localizado próximo a remanescentes florestais, ocorre uma maior taxa de visitação dos polinizadores e isso beneficia a produção agrícola (MARÍN-GÓMEZ et al., 2016). Isso pode ser explicado pelo fato de que áreas de remanescentes florestais podem servir como abrigos para os polinizadores, fornecendo locais para nidificação e forrageamento, aumentando assim a taxa de visitação nas adjacências (PRIESS et al., 2007).

A recorrente perda de habitats naturais para a implantação de extensas áreas de cultivo e pastagens tem colocado as espécies de polinizadores em risco. Desta forma, é relevante levar em consideração a estrutura da paisagem no entorno dos cultivos agrícolas para definir estratégias de conservação de polinizadores (e.g. SATURNI, et al. 2016). Com um entorno mais conservado, tende-se a ter maior diversidade de polinizadores e quanto mais distante de um remanescente florestal, menor deve ser a ocorrência de determinadas espécies no cultivo, o que pode variar de acordo com o tamanho do corpo dos polinizadores. Em relação as

abelhas, as pequenas ($\leq 7,5$ mm) possuem menor capacidade de voo comparado as abelhas médias ($> 7,5$ mm e $\leq 11,5$ mm) e grandes ($> 11,5$ mm) (TSCHEULIN et al., 2011). Assim, a capacidade de voo é um fator que se deve levar em consideração para a conservação de polinizadores em paisagens fragmentadas (AGUIAR, 2011).

Nesta revisão, avaliamos o efeito da distância do remanescente florestal sobre sete variáveis-resposta relacionadas à polinização e produção de cultivos agrícolas (riqueza, abundância e diversidade de polinizadores, taxa de visitação, taxa de frutificação, peso do fruto e produção de sementes). Assim, buscamos testar a hipótese que quanto menor a distância do cultivo agrícola de um remanescente florestal, maior será a riqueza, abundância, diversidade e a taxa de visitação de polinizadores, pois oferecem recursos para nidificação e forrageamento mesmo nos períodos entre florada. Deste modo, espera-se que a taxa de frutificação, peso do fruto e produção de sementes serão maiores em áreas próximas aos remanescentes florestais (GARIBALDI et al., 2014; MARÍN-GÓMEZ et al., 2016; PRIESS et al., 2007; SATURNI et al., 2016).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Revisão Sistemática da Literatura

A revisão sistemática da literatura foi feita na base de periódicos *Web of Science*® utilizando as seguintes combinações de palavras-chave sem limite de datas até o mês maio de 2018: (crop* or cultiv*) and (pollination OR "reproductive success" OR fitness OR visitation) and (forest OR shade* OR agroforestry OR agroecosystem OR distance). Foram utilizados como critérios de inclusão, os artigos que possuíam dados de riqueza ou abundância ou diversidade de polinizadores ou taxa de visitação ou taxa de frutificação ou peso do fruto ou produção de sementes e que estes estivessem relacionados a distância do fragmento florestal ou da borda da mata para o cultivo.

Inicialmente, foram encontrados 1093 artigos. Após a leitura dos resumos dos artigos, foram excluídos 963 artigos por não possuírem os dados definidos como critérios de inclusão, restando, portanto, 130 artigos para análise. Destes 130 artigos, 91 foram excluídos por não conterem dados estatísticos (e.g. valores de r, Teste F, Teste Z, Teste t ou R²) nos resultados. Desta forma, estes estudos não foram incluídos uma vez que estes dados são essenciais para o cálculo do tamanho de efeito. Um conjunto final de 39 artigos publicados no período de 2003 a 2018, foi incluído nesta meta-análise, resultando em 165 casos que representam dados de 23 cultivos agrícolas (Apêndice A).

2.2 Análise de dados

Os estudos reportaram a relação entre a distância do remanescente florestal e as variáveis-resposta através do Teste F (61 casos), R² (36 casos), Teste Z (29 casos), coeficiente de correlação (r) (25 casos), e Teste t (16 casos). O tamanho do efeito para cada caso foi calculado através do z de Fisher através da fórmula $z = 0.5 \times \ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right)$ e a variância de z como $v_z = \frac{1}{n-3}$, a partir dos valores de correlação (r) e tamanho amostral (n) de cada caso. Para os casos que apresentaram os valores do teste Z, utilizou-se a fórmula $r = \frac{z}{N}$ para obter os valores de r (29 casos). Para a normalização dos dados, o tamanho do efeito foi calculado pela diferença média estandardizada, com o objetivo de encaixar as variáveis em uma faixa de valores no intervalo de 0,1.

O tamanho do efeito foi interpretado em três categorias: 1) ausência de relação entre as variáveis quando o z está próximo de zero ou é não significativo; 2) relação positiva quando está próximo de 1 e é significativo; e 3) relação negativa está próximo de -1 e é significativo (COHEN 1977). A magnitude do tamanho do efeito foi interpretada como pequena, ($r \geq 0,10$); média ($r \geq 0,30$) ou grande ($r \geq 0,50$) (COHEN 1977).

O tamanho do efeito global foi calculado através da fórmula $\overline{ES} = \frac{\sum(w \times ES)}{\sum w}$, para cada variável resposta afim de minimizar a dispersão dos dados intraestudos de todos os casos analisados. O intervalo de confiança de 95%, foi calculado pelo limite inferior ($\overline{ES} - 1.96(se_{\overline{ES}})$) e superior ($\overline{ES} + 1.96(se_{\overline{ES}})$) (KORICHEVA; GUREVITCH; MENGERSEN, 2013).

3 RESULTADOS

Dentre os 165 casos analisados nesta meta-análise, a maioria reportou a abundância (64 casos) e riqueza (48 casos), seguido pela visitação (30 casos), frutificação (17 casos), diversidade (cinco casos) e peso (um caso).

Para a abundância de polinizadores, o tamanho do efeito global foi de 0,20, possuindo uma magnitude pequena. Os intervalos de confiança de mínimo e máximo foram respectivamente -0,57 (inferior) e 0,78 (superior) (TABELA 1). Esta variável resposta não é significativa pois seu intervalo de confiança cruza o zero. Isso prediz que a distância de um fragmento florestal pouco interfere na abundância de polinizadores.

A riqueza de polinizadores apresentou um tamanho de efeito global de -0,86 e seus intervalos de confiança são de -0,98 (inferior) e -0,29 (superior) (TABELA 1). Estes resultados são significativos, quanto maior a distância de um remanescente florestal, menor será a riqueza de polinizadores no cultivo agrícola.

O tamanho do efeito global para visitação foi de -0,49, possuindo assim uma magnitude grande. Os valores dos intervalos de confiança são de -0,90 para inferior e de 0,36 para superior (TABELA 1). Embora o efeito global seja de magnitude grande, o intervalo de confiança não é significativo, pois cruza o zero. Desta forma, a taxa de visitação não é influenciada pela distância do fragmento.

O valor do tamanho do efeito global para a taxa de frutificação foi de -0,41 com intervalo de confiança -0,96 (inferior) e 0,81 (superior) (TABELA 1). Nota-se que o sucesso reprodutivo (frutificação) possui uma correlação negativa forte. Entretanto os intervalos de confiança cruzam o zero, ou seja, os resultados mostram que a distância de um remanescente florestal do cultivo não interfere na taxa de frutificação.

Ao analisar a diversidade, nota-se que esta variável-resposta possui uma relação negativa alta em seu efeito global de -0,98 com intervalo de confiança de -1 (inferior) e 0,71 (superior) (TABELA 1). Estes resultados predizem que a diversidade de polinizadores é afetada pela distância do cultivo agrícola em relação às áreas florestadas, embora não seja significativo, pois seus intervalos de confiança cruzam o zero.

Tabela 1 - Valores do tamanho do efeito global e dos intervalos de confiança para cada variável resposta analisada no estudo.

Variáveis respostas	Intervalo de confiança Lower (z valor)	Intervalo de confiança Upper (z valor)	Tamanho do efeito global (z valor)
Abundância de polinizadores	-0.49	0.78	0.2
Riqueza de polinizadores	-0.86	-0.29	-0.86*
Visitação de polinizadores	-0.49	0.36	-0.49
Frutificação	-0.96	0.81	-0.41
Diversidade de polinizadores	-0.98	0.71	-0.98
Todos os casos	-0.89	0.19	-0.66

***Significativo**

Fonte: Autoria própria.

Apesar de não termos encontrado resultado significativo nas variáveis-resposta frutificação, visitação e diversidade de polinizadores, existe uma tendência que conforme aumenta a distância de um remanescente florestal, maior será o efeito negativo sobre estas três variáveis-resposta. Pode-se notar que todos os efeitos globais, com exceção da abundância, possuem uma magnitude grande e negativa em rela o a distância de um remanescente florestal. Isso mostra que a distância interfere de forma negativa na frutifica o, diversidade, visita o e riqueza de polinizadores.

4 DISCUSSÃO

Esta revisão de meta-análise teve como objetivo avaliar o efeito da distância de um remanescente florestal em relação ao cultivo agrícola, analisando sete variáveis-resposta (riqueza, abundância e diversidade de polinizadores, taxa de visitação, taxa de frutificação, peso do fruto e produção de sementes). Testou-se a hipótese que quanto menor a distância do cultivo agrícola de um remanescente florestal, mais significativo seria as variáveis-resposta, pois esses remanescentes são áreas de nidificação dos polinizadores, o que facilita o acesso deles ao cultivo. Ao analisar cada variável resposta isoladamente, percebe-se que apenas a riqueza de polinizadores possui valores significativos. Este resultado aponta que a riqueza de polinizadores é negativamente afetada conforme aumenta a distância do cultivo agrícola do remanescente florestal.

Dos conjuntos de dados analisados por esta revisão, teve sete grupos funcionais relacionados a polinização de acordo com as variáveis-resposta. O maior grupo funcional mencionado foi o das abelhas com 133 análises. Houve 24 análises realizadas onde os autores não especificaram qual o grupo funcional, mencionaram como insetos. Os demais grupos mencionados foram besouros (7 análises), vespas e borboletas (6 análises), e apenas uma análise mencionando morcegos. O grupo funcional mais estudado e observado nos cultivos agrícolas é o das abelhas. Isso se justifica pelo fato delas serem os principais polinizadores, pois elas dependem dos recursos florais para obter fontes energéticas e proteicas, estando presentes em aproximadamente 75% das culturas agrícolas no mundo (MMA, 2014).

A proximidade de áreas florestadas pode influenciar na manutenção das abelhas e demais polinizadores. A conservação de remanescentes florestais é de grande importância, pois servem como abrigos e local com recursos para os polinizadores (BLANCHE et al., 2002). Quanto maior a densidade e diversidade de abelhas e demais polinizadores, tende-se a aumentar a polinização em cultivos agrícolas (KREMENet al., 2002a). O conhecimento sobre a biologia dos polinizadores é essencial para a implementação de práticas amigáveis para os produtores de culturas dependentes de polinizadores (SAMNEGARD et al., 2018). Desta forma, se faz de grande relevância levar em consideração a estrutura da paisagem nas lavouras, afinal esses locais oferecem abrigo e disponibilidade de recursos complementares ao longo do ano (SATURNI et al., 2016). Além disso, algumas abelhas possuem uma capacidade de voo menor que as outras. Isso sugere que quanto mais afastados de um

fragmento florestal estiverem os cultivos, menor será a ocorrência de determinadas espécies na lavoura. Assim, a capacidade de voo é um fator que se deve levar em consideração para a preservação das abelhas polinizadoras (AGUIAR, 2011).

A literatura, de modo geral, aponta que a relação da proximidade da floresta ou remanescente florestal é um fator muito importante para os cultivos agrícolas e que isso beneficia os polinizadores. Caudill e colaboradores (2017), mostraram que comunidades de polinizadores nas paisagens no entorno dos cultivos de café fornecem serviço de polinização e que a manutenção dos habitats naturais promove um aumento significativo na produção devido um maior número de visitação pelos polinizadores nos cultivos. Áreas de cultivos próximas a áreas naturais além de possuírem uma paisagem mais heterogênea, têm agricultura de baixo impacto e isso potencializa a produtividade e beneficia a biodiversidade (HIPÓLITO et al., 2018). Os resultados obtidos nessa meta-análise demonstram uma relação positiva da riqueza de polinizadores em relação a proximidade com áreas preservadas e/ou remanescentes florestais. Isso prediz ser importante conservar áreas florestadas próximas aos cultivos agrícolas, pois além de beneficiar os polinizadores lhes fornecendo abrigo e local para nidificação e forrageamento, a produção agrícola tende a ser melhorada.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que quando um cultivo agrícola está próximo aos remanescentes florestais, maior será a diversidade e a riqueza de polinizadores. Desta forma, entende-se que haverá um maior número de espécies polinizadoras no cultivo agrícola, consequentemente aumentando o sucesso reprodutivo. Sendo assim, tanto os polinizadores quanto a produção do cultivo serão beneficiados. Afinal, além de encontrar um local para forragear e nidificar nos remanescentes florestais próximos às lavouras, o que irá preservá-los, haverá também um benefício ao cultivo, pois a sua produção será beneficiada com o serviço ecossistêmico prestado pelos polinizadores. Uma lacuna evidenciada nesta revisão, é a escassez de trabalhos que analisaram o peso dos frutos e a formação de sementes em relação ao contexto da paisagem dos cultivos. Espera-se que mais estudos sejam realizados e que esta lacuna seja preenchida de modo que passemos a compreender melhor qual a relação que há entre a formação de sementes e o peso dos frutos quando as flores são visitadas por polinizadores.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.277-288, 2000.

BALDINI, V. L. D.; DÖBEREINER, J. Host plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum* spp. **Soil Biol. Biochem**, v. 12, p. 433-439, 1980.

BATÁRY, P. et al. Organic farming favours insect-pollinated over non-insect pollinated forbs in meadows and wheat fields. **PLoS ONE**, v. 8, n. 1, p. 1–7, 2013.

BENEVIDES, C. R.; GAGLIANONE, M. C.; HOFFMANN, M. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 3, p. 415–421, 2009.

BENNETT, A. B.; ISAACS, R. Landscape composition influences pollinators and pollination services in perennial biofuel plantings. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 193, p. 1–8, 2014.

BERECHA, G. et al. Fragmentation and management of Ethiopian moist evergreen forest drive compositional shifts of insect communities visiting wild Arabica Coffee lowers. **Environmental Management**, v. 55, n. 2, p. 373–382, 2015.

BLANCHE, R. et al. Services and dis-services of rainforest insects to crops in north Queensland. **Cooperative Research Centre for Tropical Rainforest Ecology and Management**, Cairns, 2002.

BLANCHE, R.; CUNNINGHAM, S. A. Rain Forest Provides Pollinating Beetles for Atemoya Crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, n. 4, p. 1193–1201, 2005.

BLANCHE, K. R.; LUDWIG, J. A.; CUNNINGHAM, S. A. Proximity to rainforest enhances pollination and fruit set in orchards. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 6, p. 1182–1187, 2006.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1269-1276, 2007.

BOREUX, V. et al. Impact of forest fragments on bee visits and fruit set in rain-fed and irrigated coffee agro-forests. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 172, p. 42–48, 2013.

BREITBACH, N. et al. Influence of habitat complexity and landscape configuration on pollination and seed-dispersal interactions of wild cherry trees. **Oecologia**, v. 168, n. 2, p. 425–437, 2012.

BRAVO-MONROY, L.; TZANOPOULOS, J.; POTTS, S. G. Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 211, p. 145–154, 2015.

BRIGGS, H. M.; PERFECTO, I.; BROSI, B. J. The role of the agricultural matrix: coffee management and Euglossine bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) communities in Southern Mexico. **Environmental Entomology**, v. 42, n. 6, p. 1210–1217, 2013.

BROSI, B. J. et al. The effects of forest fragmentation on bee communities in tropical countryside. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, p. 773–783, 2008.

BROSI, B. J. The complex responses of social stingless bees (Apidae: Meliponini) to tropical deforestation. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 9, p. 1830–1837, 2009.

CARVALHEIRO, L. G. et al. Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, n. 4, p. 810–820, 2010.

CAUDILL, S. A. et al. Forest and trees: Shade management, forest proximity and pollinator communities in southern Costa Rica coffee agriculture. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 32, n. 5, p. 417–427, 2017.

CEPEDA-VALENCIA, J.; GÓMEZ, D. P.; NICHOLLS, C. La estructura importa abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 40, n. 2, p. 241–251, 2014.

CHACOFF, N. P.; AIZEN, M. A. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 1, p. 18–27, 2006.

CHACOFF, N. P.; AIZEN, M. A.; ASCHERO, V. Proximity to forest edge does not affect crop production despite pollen limitation. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 275, n. 1637, p. 907–913, 2008.

CHAUTÁ-MELLIZO, A. et al. Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. **Basic and Applied Ecology**, v. 13, n. 6, p. 524–532, 2012.

CLASSEN, A. et al. Complementary ecosystem services provided by pest predators and pollinators increase quantity and quality of coffee yields. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1779, p. 20133148–20133148, 2014.

COMPTON, S. G.; GREHAN, K.; VAN NOORT, S. A fig crop pollinated by three or more species of agaonid fig wasps. **Source: African Entomology**, v. 17, n. 2, p. 215–222, 2009.

ENRÍQUEZ, E. et al. Alpha and beta diversity of bees and their pollination role on *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae) in the Guatemalan cloud forest. **Pan-Pacific Entomologist**, v. 91, n. 3, p. 211–222, 2015.

FLORES, L. M. A. et al. A importância dos habitats naturais no entorno de plantações de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) para o sucesso reprodutivo. **Iheringia. Serie Botanica**, 2012.

FULTON, M. et al. Mitigation of pollen limitation in the lowbush blueberry agroecosystem: effect of augmenting natural pollinators. **Ecosphere**, v. 6, n. 11, p. 1–19, 2015.

GARIBALDI, L. A. et al. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 388–391, 2016.

GARDINER, M. A. et al. Implications of three biofuel crops for beneficial arthropods in agricultural landscapes. **Bioenergy Research**, v. 3, n. 1, p. 6–19, 2010.

GEMMILL-HERREN, B.; OCHIENG', A. O. Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 127, n. 1–2, p. 31–36, 2008.

GESLIN, B. et al. Spatiotemporal changes in flying insect abundance and their functional diversity as a function of distance to natural habitats in a mass flowering crop. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 229, p. 21–29, 2016.

GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. **Biological Conservation**, v. 133, n. 1, p. 81–87, 2006.

GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 37, p. 13890–13895, 2006.

HAENKE, S. et al. Landscape configuration of crops and hedgerows drives local syrphid fly abundance. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 2, p. 505–513, 2014.

HARDING, C. L.; FLEISCHER, S. J.; BLOM, P. E. Population dynamics of the Colorado potato beetle in an agroecosystem with tomatoes and potatoes with management implications to processing tomatoes. **Environmental Entomology**, v. 31, n. 6, p. 1110–1118, 2002.

HIPÓLITO, J.; BOSCOLO, D.; VIANA, B. F. Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 256, Sept. 2016, p. 218–225, 2018.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. Polinizadores e Polinização: um Tema Global. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (Ed.). **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012 cap. 1, p. 25–48.

INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES (IPBES). **The assessment report on pollinators, pollination and food production of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services**. [S.I. : s.n.], 2017.

JAUKER, F. et al. Pollinator dispersal in an agricultural matrix: Opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. **Landscape Ecology**, v. 24, n. 4, p. 547–555, 2009.

JHA, S.; VANDERMEER, J. H. Contrasting bee foraging in response to resource scale and local habitat management. **Oikos**, v. 118, n. 8, p. 1174–1180, 2009.

JHA, S.; VANDERMEER, J. H. Contrasting foraging patterns for africanized honeybees, native bees and native wasps in a tropical agroforestry landscape. **Journal of Tropical Ecology**, v. 25, n. 1, p. 13–22, 2009.

KALLIONIEMI, E. et al. Local resources, linear elements and mass-flowering crops determine bumblebee occurrences in moderately intensified farmlands. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 239, p. 90–100, 2017.

KIM, J.; WILLIAMS, N.; KREMEN, C. Effects of cultivation and proximity to natural habitat on ground-nesting native bees in California sunflower fields. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 79, n. 4, p. 309–320, 2006.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, v. 40, n. 5, p. 837–845, 2003.

KLEIN, A.-M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1518, p. 955–961, 2003.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, v. 90, n. 1, p. 153–157, 2003.

KLEIN, A. M. Nearby rainforest promotes coffee pollination by increasing spatio-temporal stability in bee species richness. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 9, p. 1838–1845, 2009.

KLEIN, A. A. et al. Advances in pollination ecology from tropical plantation crops. **Ecology**, v. 89, n. 4, p. 935–943, 2016.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. W.; THORP, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 26, p. 16812-16816, 2002.

KORICHEVA, J.; GUREVITCH, J.; MENGERSEN, K. (Ed.). **Handbook of meta-analysis in ecology and evolution**. Princeton University Press, 2013.

KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, A. et al. Contrasting effects of mass-flowering crops on bee pollination of hedge plants at different spatial and temporal scales. **Ecological Applications**, v. 23, n. 8, p. 1938–1946, 2013.

KRISHNAN, S. et al. Status of pollinators and their efficiency in coffee fruit set in a fragmented landscape mosaic in South India. **Basic and Applied Ecology**, v. 13, n. 3, p. 277–285, 2012.

LANDAVERDE-GONZÁLEZ, P. et al. Sweat bees on hot chillies: provision of pollination services by native bees in traditional slash-and-burn agriculture in the Yucatán Peninsula of tropical Mexico. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 6, p. 1814–1824, 2017.

LENTINI, P. E. et al. Supporting wild pollinators in a temperate agricultural landscape: Maintaining mosaics of natural features and production. **Biological Conservation**, v. 149, n. 1, p. 84–92, 2012.

LONSDORF, E. et al. Modelling pollination services across agricultural landscapes. **Annals of Botany**, v. 103, n. 9, p. 1589–1600, 2009.

MARCO-JÚNIOR, P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 1245–1255, 2004.

MATOS, M. C. B.; SILVA, S. S.; TEODORO, A. V. Seasonal population abundance of the assembly of solitary wasps and bees (Hymenoptera) according to land-use in Maranhão state, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 60, n. 2, p. 171-176, 2016.

MAYFIELD, M. M. The Importance of nearby forest to known and potential pollinators of oil Palm (*Elaeis guineënsis* Jacq.; Areceaceae) in Southern Costa Rica. **Economic Botany**, v. 59, n. 2, p. 190–196, 2005.

MELLO-JUNIOR, L. J.; ORTH, A. I.; MORETTO, G. Ecologia da polinização da amoreira-preta (*Rubus* sp.) (Rosaceae) em Timbó-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 1015–1018, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Polinizadores em risco de extinção são ameaça à vida do ser humano**. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/informma/item/9976-polinizadores-em-risco-deextin%C3%A7%C3%A3o-%C3%A9-amea%C3%A7a-%C3%A0-vida-do-serhumano?tmpl=component&print=1>>. Acesso em: 17 de jul. 2018.

MOTZKE, I. et al. Habitat management on multiple spatial scales can enhance bee pollination and crop yield in tropical homegardens. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 223, p. 144–151, 2016.

MUNYULI, M. B. T. et al. Patterns of bee diversity in mosaic agricultural landscapes of central Uganda: Implication of pollination services conservation for food security. **Journal of Insect Conservation**, v. 17, n. 1, p. 79–93, 2013.

MUNYULI, T. Influence of functional traits on foraging behaviour and pollination efficiency of wild social and solitary bees visiting coffee (*Coffea canephora*) flowers in Uganda. **Grana**, v. 53, n. 1, p. 69–89, 2014.

NGO, H. T. et al. Evaluating bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity using Malaise traps in coffee landscapes of Costa Rica. **Canadian Entomologist**, v. 145, n. 4, p. 435–453, 2013.

NGONGOLO, K.; MTOKA, S.; RUBANZA, C. D. Floral visitors and pollinators of sesame (*Sesamum indicum* L.) from kichi forest to the adjacent local communities' farms. **Entomology and Applied Science Letters**, v. 2, n. 2, p. 32–39, 2015.

OHWAKI, A.; KANEKO, Y.; IKEDA, H. Seasonal variability in the response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) to a forest edge in a heterogeneous agricultural landscape in Japan. **European Journal of Entomology**, v. 112, n. 1, p. 135–144, 2014.

OLSCHEWSKI, R. et al. Economic Evaluation of Pollination Services Comparing Coffee Landscapes in Ecuador and Indonesia. **Ecology and Society**, v. 11, n. 1, 2006.

OTIENO, M. et al. Local management and landscape drivers of pollination and biological control services in a Kenyan agro-ecosystem. **Biological Conservation**, v. 144, n. 10, p. 2424–2431, 2011.

OTIENO, M. et al. Local and landscape effects on bee functional guilds in pigeon pea crops in Kenya. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, n. 4, p. 647–658, 2015.

PETERSEN, J. D.; NAULT, B. A. Landscape diversity moderates the effects of bee visitation frequency to flowers on crop production. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 5, p. 1347–1356, 2014.

PISANTY, G.; MANDELIK, Y. Profiling crop pollinators: life-history traits predict habitat use and crop visitation by Mediterranean wild bees. **Ecological Applications**, v. 25, n. February 2016, p. 742–752, 2015.

PISANTY, G. et al. Watermelon pollinators exhibit complementarity in both visitation rate and single-visit pollination efficiency. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 2, p. 360–370, 2016.

RADER, R. et al. 2015. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. **Anais da Academia Nacional de Ciências**, v. 113, n.1, p.146-151, 2016.

RECH, A. R.; MARTINS, A. C.; LEITE, F. B. Interações entre plantas e polinizadores sob uma perspectiva filogenética. In: RECH, A. R. et al. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014 cap. 18, p. 399-410.

RIGHI, C. A; BERNARDES, M. S. (Ed.). **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. Série Difusão, Piracicaba, 2015. v. 1.

RICKETTS, T. H. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. **Conservation Biology**, v. 18, n. 5, p. 1262–1271, 2004.

ROMERO, M. J.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Pollinators in biofuel agricultural systems: The diversity and performance of bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Jatropha curcas* in Mexico. **Apidologie**, v. 44, n. 4, p. 419–429, 2013.

SÁEZ, A.; SABATINO, M.; AIZEN, M. A. Interactive effects of large- and small-scale sources of feral honey-bees for sunflower in the Argentine Pampas. **PLoS ONE**, v. 7, n. 1, 2012.

SAJJAD, A.; ALI, M.; SAEED, S. Yearlong association of *Apis dorsata* and *Apis florea* with flowering plants: Planted forest vs. agricultural landscape. **Sociobiology**, v. 64, n. 1, p. 18–25, 2017.

SAMNEGÅRD, U. et al. Dominance of the semi-wild honeybee as coffee pollinator across a gradient of shade-tree structure in Ethiopia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 30, n. 5, p. 401–408, 2014.

SAMNEGÅRD, U. et al. A heterogeneous landscape does not guarantee high crop pollination. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 283, n. 1838, p. 20161472, 2016.

SATURNI, F. T.; JAFFÉ, R.; METZGER, J. P. Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 235, p. 1–12, 2016.

SLAA, E. J. et al. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v. 37, n. 2006, p. 293–315, 2006.

SRITONGCHUAY, T.; KREMEN, C.; BUMRUNGSRI, S. Effects of forest and cave proximity on fruit set of tree crops in tropical orchards in Southern Thailand. **Journal of Tropical Ecology**, v. 32, n. 4, p. 269–279, 2016.

STEWART, A. B.; DUDASH, M. R. Flower-visiting bat species contribute unequally toward agricultural pollination ecosystem services in southern Thailand. **Biotropica**, v. 49, n. 2, p. 239–248, 2017.

TAKI, H. et al. Effects of landscape metrics on *Apis* and non-*Apis* pollinators and seed set in common buckwheat. **Basic and Applied Ecology**, v. 11, n. 7, p. 594–602, 2010.

TSCHEULIN, T. et al. Influence of landscape context on the abundance and diversity of bees in Mediterranean olive groves. **Bulletin of Entomological Research**, v. 101, p. 557–564, 2011.

- VENTURINI, E. M. et al. Pollination Reservoirs in Lowbush Blueberry (Ericales: Ericaceae). **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. January, p. tow285, 2017.
- VERGARA, C. H.; BADANO, E. I. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 129, n. 1–3, p. 117–123, 2009.
- VIELI, L. et al. Landscape effects on wild *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) queens visiting highbush blueberry fields in south-central Chile. **Apidologie**, v. 47, n. 5, p. 711–716, 2016.
- XIE, Z.; AN, J. The effects of landscape on bumblebees to ensure crop pollination in the highland agricultural ecosystems in China. **Journal of Applied Entomology**, v. 138, n. 8, p. 555–565, 2014.
- WINFREE, R. et al. Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation across land-use gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 3, p. 793–802, 2008.

APÊNDICE A – Cultivos estudados nos artigos e respectivos valores dos testes estatísticos.

cultivo	variavel resposta	tamanho amostral	r	r_p	T estatística	T_p	Z estatística	Z_p	F estatística	F_p	R²	R²_p	Referência
atemóia	visitação	9	-0.90	0.001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Blanche, R.; Cunningham, S. A. 2005
atemóia	visitação	9	-0.29	0.44	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Blanche, R.; Cunningham, S. A. 2006
alfafa; trevo; trigo; canola	visitação	32	NA	NA	-1.96	0.05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Lentini et. al 2013
alfafa; trevo;	diversidade	32	NA	NA	-1.96	0.05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Lentini et. al 2012

trigo; canola													
alfafa; trevo; trigo; canola	diversidade	32	NA	NA	-1.90	0.06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Lentini et. al 2012
alfafa; trevo; trigo; canola	riqueza	32	NA	NA	-1.90	0.06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Lentini et. al 2012
amêndoa; girassol; melância	riqueza	43	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14.7	0.001	NA	NA	Pisanty, G.; Mandelik, Y. 2015
amêndoa; girassol; melância	abundância	43	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.2	0.022	NA	NA	Pisanty, G.; Mandelik, Y. 2015
amêndoa; girassol; melância	abundância	43	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.5	<0.001	NA	NA	Pisanty, G.; Mandelik, Y. 2015
amêndoa; girassol; melância	riqueza	43	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.6	0.6	NA	NA	Pisanty, G.; Mandelik, Y. 2015

café	visitação	24	- 0.1 7	0.43	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Klein et. al 2008
café	visitação	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8.37	0.01	0.40	NA	Bravo- Monroy et. al 2013
café	abundância	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9.42	0.01	0.43	NA	Bravo- Monroy et. al 2015
café	abundância	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8.6	0.04	NA	NA	Bravo- Monroy et. al 2015
café	riqueza	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	7.6	0.04	NA	NA	Bravo- Monroy et. al 2015
café	riqueza	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10.82	0.03	NA	NA	Bravo- Monroy et. al 2015
café	riqueza	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	52.94	0.002	NA	NA	Bravo- Monroy et. al 2015

café	riqueza	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14.10	0.03	NA	NA	Bravo-Monroy et. al 2014
café	visitação	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14.1	0.01	NA	NA	Bravo-Monroy et. al 2015
café	visitação	24	-0.59	0.002	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Olschewski et. al 2006
café	frutificação	24	-0.42	0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Olschewski et. al 2006
café	peso	18	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.21	0.01	NA	NA	Caudill et. al 2016
café	diversidade	24	NA	NA	NA	NA	NA	NA	79.24	<0.001	NA	NA	Klein et. al 2003
café	riqueza	24	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.78	<0.001	Klein et. al 2003
café	riqueza	126	NA	NA	NA	NA	-1.95	0.05	NA	NA	NA	NA	Boreux et. al 2013

café	abundância	15	NA	NA	-2.78	0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Klein et. al 2003
café	frutificação	15	NA	NA	-2.19	0.05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Klein et. al 2003
café	riqueza	15	NA	NA	-5.26	<0.00 1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Klein et. al 2003
café	riqueza	45	NA	NA	3.8	0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Marco-Jr., P.; Coelho, F. M. 2004
café	frutificação	35	NA	NA	NA	NA	3.26	0.001	NA	NA	NA	NA	Brosi 2009
café	abundância	35	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.87	0.40	NA	NA	Brosi 2009
café	abundância	35	NA	NA	NA	NA	3.31	0.000 9	NA	NA	NA	NA	Brosi 2009
café	riqueza	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2.35	0.20	NA	NA	Briggs, H. M.; Brosi, P.B. J. 2013
café	riqueza	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3.58	0.09	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004

café	riqueza	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13.36	0.002	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004
café	riqueza	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2.17	0.23	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004
café	riqueza	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3.26	0.08	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004
café	riqueza	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13.38	0.002	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004
café	riqueza	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2.42	0.072	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004
café	visitação	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15.24	<0.001	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004
café	visitação	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6.13	0.001	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004
café	visitação	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6.51	<0.001	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004
café	visitação	28	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.26	<0.60	NA	NA	Ricketts, T. H. 2004

caju	visitação	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.85	0.01	Flores et. al 2012
caju	abundância	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-0.29	0.77	Flores et. al 2012
caju	frutificação	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.90	0.007	Flores et. al 2012
colza	riqueza	35	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.87	0.01	NA	NA	Kovacs-Hostyanszki et. al 2013
colza	abundância	35	NA	NA	-2.05	0.11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Kovacs-Hostyanszki et. al 2013
colza	produção	35	NA	NA	2.78	0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Kovacs-Hostyanszki et. al 2013
colza	riqueza	35	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2.53	0.09	NA	NA	Kovacs-Hostyanszki et. al 2013
colza; trigo de inverno	riqueza	70	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3.1	0.06	NA	NA	Haenke et. al 2014

colza; trigo de inverno	abundância	70	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6.8	0.004	NA	NA	Haenke et. al 2014
dendê	abundância	2	NA	NA	NA	NA	0.60	0.55	NA	NA	NA	NA	Mayfield, M. M. 2005
dendê	visitação	2	NA	NA	NA	NA	-1.92	0.05	NA	NA	NA	NA	Mayfield, M. M. 2005
dendê	visitação	2	NA	NA	NA	NA	2.61	0.009	NA	NA	NA	NA	Mayfield, M. M. 2005
feijão bóer	visitação	18	NA	NA	NA	NA	6.72	0.23	NA	NA	NA	NA	Otieno et. al 2011
feijão bóer	abundância	18	NA	NA	NA	NA	-4.93	0.37	NA	NA	NA	NA	Otieno et. al 2011
feijão bóer	abundância	18	NA	NA	NA	NA	-5.91	0.37	NA	NA	NA	NA	Otieno et. al 2011
girassol	abundância –	17	NA	NA	NA	NA	23.46	0.001	NA	NA	NA	NA	Sáez et. al 2012
girassol	visitação	17	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.23	0.058	NA	NA	Sáez et. al 2012

girassol	visitação	17	NA	NA	NA	NA	1.82	0.06	NA	NA	NA	NA	Sáez et. al 2012
girassol	visitação	17	NA	NA	NA	NA	2.71	0.01	NA	NA	NA	NA	Sáez et. al 2012
girassol	visitação	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.19	<0.05	Greenleaf, S. S.; Kremen, C. 2006
girassol	abundância	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.17	<0.05	Greenleaf, S. S.; Kremen, C. 2006
girassol	abundância	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.5	<0.05	NA	NA	Greenleaf, S. S.; Kremen, C. 2006
girassol	abundância	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5.00	<0.05	NA	NA	Greenleaf, S. S.; Kremen, C. 2006

girassol	abundância	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.33	0.0001	Greenleaf, S. S.; Kremen, C. 2006
girassol	visitação	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	95.8	0.0001	NA	NA	Greenleaf, S. S.; Kremen, C. 2006
Longan	visitação	11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.71	0.03	Blanche et. al 2006
Longan	frutificação	11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8.8	0.04	NA	NA	Blanche et. al 2006
macadami a	visitação	11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.22	0.43	Blanche et. al 2006
macadami a	frutificação	11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	62.3	0.004	NA	NA	Blanche et. al 2006
manga	visitação	12	NA	NA	NA	NA	5.6	0.001	NA	NA	NA	NA	Carvalho et. al 2010
manga	abundância	12	NA	NA	NA	NA	1.1	0.05	NA	NA	NA	NA	Carvalho et. al 2010

maracuja amarelo	visitação	8	-0.26	0.10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Benevides et. al 2009
melância	visitação	11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.1	0.7	NA	NA	Pisanty et. al 2016
melância	visitação	32	0.58	0.001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Pisanty et. al 2016
mirtilo	visitação	68	NA	NA	3.93	0.011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Vieli et. al 2016
mirtilo	abundância	68	NA	NA	-3.77	0.013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Vieli et. al 2016
NA	abundância	120	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15.57	0.02	NA	NA	Jauker et. al 2009
NA	abundância	120	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13.30	0.03	NA	NA	Jauker et. al 2009
NA	abundância	120	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.29	<0.001	Jauker et. al 2009
NA	riqueza	120	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20.59	0.02	NA	NA	Jauker et. al 2009
NA	riqueza	120	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9.730	0.04	NA	NA	Jauker et. al 2009

NA	riqueza	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10.92	0.005	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15.52	0.001	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9.58	0.007	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	21.92	0.001	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.95	0.183	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	18.89	0.001	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9.29	0.008	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	riqueza	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14.48	0.002	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	riqueza	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8.96	0.009	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	riqueza	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13.58	0.002	NA	NA	Albrecht et. al 2007
NA	riqueza	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.85	0.19	NA	NA	Albrecht et. al 2007

NA	riqueza	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12.33	0.003	NA	NA	Albrecht et. al 2007
oliveira	riqueza	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.30	0.05	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.34	0.04	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.36	0.03	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.41	0.02	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.40	0.03	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.31	0.05	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.30	0.05	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.51	0.05	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.63	0.02	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.53	0.01	Tscheulin et. al 2011

oliveira	abundância	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.33	0.05	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.43	0.02	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.47	0.01	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.33	0.04	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.35	0.03	Tscheulin et. al 2011
oliveira	abundância	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.39	0.02	Tscheulin et. al 2011
pepino	abundância	13	NA	NA	-2.45	0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Motzkea et. al 2016
pepino	abundância	13	NA	NA	-2.56	0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Motzkea et. al 2016
pepino	abundância	13	NA	NA	-2.28	0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Motzkea et. al 2016
pinhão-manso	abundância	15	0.74	0.019	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Romero M. J.; Quezada-Euán, J. J. G. 2013

pinhão-manso	abundância	15	0.9 2	0.004	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Romero M. J.; Quezada-Euán, J. J. G. 2013
pinhão-manso	abundância	15	- 0.2 7	0.483	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Romero M. J.; Quezada-Euán, J. J. G. 2013
rambutão	abundância	20	NA	NA	NA	NA	0.21	0.83	NA	NA	NA	NA	Sritongchua y et. al 2016
rambutão	frutificação	20	NA	NA	NA	NA	1.43	0.15	NA	NA	NA	NA	Sritongchua y et. al 2016
rambutão	frutificação	20	NA	NA	NA	NA	23.2	<0.00 1	NA	NA	NA	NA	Sritongchua y et. al 2016
rambutão	frutificação	20	NA	NA	NA	NA	2.88	0.004	NA	NA	NA	NA	Sritongchua y et. al 2016
rambutão	frutificação	20	NA	NA	NA	NA	11.3	<0.00 1	NA	NA	NA	NA	Sritongchua y et. al 2016
rambutão	frutificação	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8.97	0.001	NA	NA	Sritongchua y et. al 2016

tomate	visitação	14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	17.31	<0.000 1	NA	NA	Greenleaf, S. S.; Kremen, C. 2006
tomate	abundância	14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.47	0.79	NA	NA	Greenleaf, S. S.; Kremen, C. 2006
tomate	abundância	14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2.01	<0.14	NA	NA	Greenleaf, S. S.; Kremen, C. 2006
trigo de inverno	visitação	24	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.23	0.143	NA	NA	Batáry et. al 2013
trigo mourisco comum	riqueza	17	NA	NA	NA	NA	4.99	<0.00 1	NA	NA	NA	NA	Taki et. al 2010
trigo mourisco comum	abundância	17	NA	NA	NA	NA	5.54	<0.00 1	NA	NA	NA	NA	Taki et. al 2010
trigo mourisco comum	abundância	17	NA	NA	NA	NA	1.79	0.07	NA	NA	NA	NA	Taki et. al 2010

Capítulo 2 - Importância da cobertura florestal no cultivo de café orgânico na diversidade de polinizadores

**Gleycon Velozo da Silva, Rafaela Oliveira de Jesus, Marina de Lima Mohallem,
Marina Wolowski**

RESUMO

A polinização é um serviço ecossistêmico básico e de grande importância para a conservação da biodiversidade. A maior parte dos alimentos consumidos por nós depende em algum grau ou totalmente da polinização realizada por vetores bióticos como abelhas, aves, morcegos, entre outros insetos. Além da contribuição para a produção agrícola, a polinização também auxilia no controle natural de pragas e ciclagem de nutrientes. Embora o café seja autocompatível, estudos apontam que em cultivo sombreado e próximo a áreas florestadas, as flores recebem um maior número de visitantes, o que contribui para uma produção maior. Isto porque áreas sombreadas e florestadas fornecem locais para nidificação e recursos florais complementares para os polinizadores. O presente estudo teve como objetivo comparar a diversidade de insetos polinizadores, taxa de visitação e produção de café a pleno sol e sombreado na região do sul de Minas. As observações florais aconteceram nos meses de setembro e outubro de 2017, e setembro de 2018. O esforço amostral foi de 52,5 horas, o que resultou em um total de 1236 flores de café visitadas, 388 visitantes florais observados. O horário com o maior número de visitantes florais foi de 10h às 11h com 106 visitas. As abelhas do gênero *Trigona* foram os visitantes florais mais abundantes no café com 116 visitas e *Plebeia* sp. foi a abelha mais frequente nas flores de café (70,3%). O tratamento de polinização cruzada manual teve a maior taxa de frutificação (69,3%), comparado aos demais tratamentos realizados. Os principais visitantes florais foram abelhas nativas, isso mostra o potencial que um cultivo de café sombreado e orgânico proporciona como local de abrigo e alimentação para elas. O sombreamento variou de 2,40 a 21,79% nos talhões. As áreas de cultivo mais sombreadas foram as que mais receberam visitas nas flores de café, e o talhão com a terceira maior porcentagem de sombreamento (17,53%), apresentou a maior média de tamanho das sementes.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, conservação, Minas Gerais, Rubiaceae.

ABSTRACT

Pollination is a basic ecosystem service of great importance for the conservation of biodiversity. Most of the food consumed by us depends on some or all of the pollination performed by biotic vectors such as bees, birds, bats, among other insects. In addition to contributing to agricultural production, pollination also assists natural pest control and nutrient cycling. Although coffee is self-supporting, studies indicate that in shaded cultivation and close to forested areas, flowers receive more visitors, which contributes to greater production. This is because shaded and forested areas provide nesting sites and complementary floral resources for pollinators. The present study had as objective to compare the pollinator insects diversity, visitation rate and production of coffee in full sun and shade in the southern region of Minas Gerais. The floral observations occurred in September and October 2017, and in September 2018. The sampling effort was 52.5 hours, which resulted in a total of 1236 coffee flowers visited, 388 floral visitors observed. The schedule with the most floral visitors was from 10am to 11am with 106 visits. The bees of the genus *Trigona* were the most abundant floral visitors at the café with 116 visits and *Plebeia* sp. was the most frequent bee in coffee blossoms (70.3%). The manual cross-pollination treatment had the highest fruiting rate (69.3%), compared to the other treatments. The main floral visitors were native bees, this shows the potential that a shaded and organic coffee crop provides as a shelter and feeding place for them. The shading ranged from 2.40 to 21.79% in the plots. The most shaded areas were the ones that received the highest number of visits to coffee blossoms, and the third largest shading area (17.53%) had the highest average seed size.

Key words: *Coffea arabica*, conservation, Minas Gerais, Rubiaceae.

1 INTRODUÇÃO

A polinização é um serviço ecossistêmico básico que mantém a qualidade e funcionamento da manutenção da biodiversidade de plantas angiospermas (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; COSTANZA et al., 2017; IPBES, 2017). Os principais vetores bióticos responsáveis por realizar a polinização são os insetos e alguns vertebrados (KLEIN et al., 2007; OLLERTON et al., 2011; MARQUES et al., 2015; ROUBIK, 2018). A maior parte dos alimentos por nós consumidos são polinizados por abelhas, mariposas, besouros, borboletas e pequenos vertebrados, destacando-se algumas aves e os morcegos (Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil – RTPPPAB, 2019). A presença de polinizadores favorece aproximadamente 87,5% das angiospermas conhecidas, o que equivale a aproximadamente 300.000 espécies (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012). A polinização realizada por animais nativos pode contribuir de forma eficaz para a polinização de cultivos agrícolas, inclusive até melhorando o rendimento (GARIBALDI et al., 2013; RADER et al., 2015; RTPPPAB, 2019). Além disso, a polinização é um serviço ecossistêmico que dá suporte a todos os outros serviços providos pelo meio ambiente, pois além de favorecer o aumento na produção agrícola, também auxilia no controle natural de pragas, ciclagem de nutrientes e conservação da biodiversidade (RECH et al., 2014). Já em ecossistemas naturais, podemos dar destaque às abelhas como grandes responsáveis pela polinização de boa parte das espécies nativas, que por sua vez possuem grande impacto protetor do solo, dos recursos hídricos e nas interações ecológicas (RIGHI; BERNARDES, 2015). O valor do serviço prestados pelos polinizadores é estimado em 153 bilhões de euros por ano, sendo as abelhas os principais polinizadores (FAO, 2004; POTTS et al., 2010, WITTER et al., 2014). Estima-se que no Brasil a polinização agrega um valor de US\$ 12 bilhões por ano na produção de alimentos (GIANNINI et al., 2015).

Cultivos de café próximos a remanescentes florestais e com manejo de baixo impacto favorecem os polinizadores, os quais acrescentam melhoras de até 30% no rendimento da produção (HIPÓLITO et al., 2018). Ferreira (2008) realizou um estudo na Zona da Mata de Minas Gerais, com o intuito de avaliar quais fatores contribuem para uma maior efetividade da polinização e aumento da produção no cultivo de café. Neste estudo, foram comparados sistemas de cultivos convencionais e agroflorestais de *Coffea arabica*, onde analisou-se também a estrutura da paisagem. Em ambos os métodos de cultivos, foi observada uma média

de 5% de aumento na produção com a visitação dos polinizadores. A espécie *Apis mellifera* L. se mostrou como o visitante floral dominante, apresentando uma eficácia de 43% no processo de polinização. A frequência de visitação das abelhas nas flores do café foram maiores conforme a proximidade das áreas florestadas (FERREIRA, 2008).

O café cultivado em sistemas agroflorestais fornece recursos de nidificação e forrageamento para inúmeras espécies de insetos e aves, que fornecem vários serviços ecossistêmicos reguladores ao cultivo (PERFECTO et al., 1996; VANDERMEER et al., 2010; CUNNINGHAM et al., 2013). As plantações de café sombreado possuem dinâmicas ecológicas semelhantes à de uma floresta, fornecendo um microclima, proteção do solo e controle da erosão, sequestro de carbono, controle natural de plantas daninhas, controle natural de pragas, e beneficia a polinização do café (ATAROFF; MONASTERIO, 1997; BEER et al., 1998; STAVER et al., 2001; KLEIN et al., 2003; DE MARCO; COELHO, 2004; PERFECTO et al., 2004; LIN, 2007; VANDERMEER et al., 2010; BOREUX et al., 2012; KARP et al., 2013).

Graças a esses serviços há uma redução das despesas com defensivos agrícolas (BEER et al., 1998) e o cultivo fica mais resistente às pragas do café (FRAGOSO et al., 2002). É de grande importância destacar que uma alta diversidade e abundância de predadores nos plantios de café sombreado ajudam a controlar o besouro da broca do café (*Hypothenemus hampei* Ferrari; Coleoptera: Curculionidae), uma das pragas economicamente mais devastadoras para o cultivo (GREENBERG et al., 2000; PERFECTO et al., 2004; ARMBRECHT; GALLEGO, 2007; VEGA et al. 2009; HAGGAR et al., 2011; KARP et al., 2013, mas ver BOSSELMANN et al., 2009).

A cobertura de sombra ocorre com a presença de áreas de mata nas proximidades das lavouras, sejam estes remanescentes florestais ou sistemas agroflorestais. Estas áreas fornecem abrigo e local para forrageamento e nidificação para os polinizadores, o que pode levar ao aumento do número de visitantes florais no cultivo de café, aumentando consequentemente a produção (PRIESS et al., 2007). Em locais onde a produção de café é realizada pelo método orgânico e em sistema agroflorestal, além de conservar o meio ambiente, a qualidade do café é melhorada e, consequentemente, o valor agregado por saca quase dobra de valor em relação a cultivos convencionais (LOPES et al., 2012). O cultivo de café sombreado pode melhorar tanto a qualidade do grão quanto da bebida (MUSCHLER,

2001; VAAST et al., 2006; mas ver BOSSELMANN et al., 2009). Essa melhoria se explica pelo crescimento reduzido de ervas daninhas (ALVES et al., 2016; BEER et al., 1998; STAVER et al., 2001) e pela menor competição por nutrientes entre as ervas daninhas e os pés de café (ALVES et al., 2016). Em cultivos sombreados de café, os grãos tendem a ser maiores comparados ao cultivo a pleno sol. Além disso, o número de grãos mal formados (chocho) é menor em cultivos sombreados do que a pleno sol (MUSCHLER, 2001). Grãos de alta qualidade estão relacionados com a qualidade da bebida (MUSCHLER, 2001; VAAST et al., 2006). O custo de produção no café sombreado é baixo e possui uma maior qualidade na produção, o que representa um maior valor pago por saca (ALVES et al., 2016).

Quando o café é plantado próximo às áreas de remanescentes florestais em Minas Gerais, apresentam um aumento significativo na qualidade dos seus grãos (14,6%) quando comparado com áreas de monocultura em larga escala, gerando uma agregação de valor em torno de R\$ 3.960,00 por ha/ano (DE MARCO; COELHO, 2004). Em outro estudo realizado por Ricketts (2004), na Costa Rica, foi constatado que o serviço prestado pela polinização no café foi estimado em aproximadamente US\$ 60.000 por ano.

O presente estudo teve como objetivo comparar a diversidade de insetos polinizadores, taxa de visitação, peso do fruto e sementes, e tamanho das sementes a pleno sol e sombreado na região do sul de Minas. Este estudo testou a hipótese de que quanto maior o sombreamento no cultivo maior diversidade de insetos visitantes florais e a produção de café. Espera-se que haja mais visitantes florais nas áreas com maior taxa de sombreamento, pois estas devem fornecer sítios de nidificação, recursos para forrageamento dos insetos polinizadores e espera-se também que a produção seja maior devido ao maior número de visitantes florais (PERFECTO et al., 1996; KLEIN et al., 2003; DE MARCO; COELHO, 2004; VANDERMEER et al., 2010; BOREUX et al., 2012; CUNNINGHAM et al., 2013).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no período de junho de 2017 a novembro de 2018 na Fazenda Jacarandá, no município de Machado-MG. A propriedade é composta por cultivo de café em sistema orgânico a pleno sol e orgânico sombreado em sistema agroflorestal. A Fazenda Jacarandá é tradicional em produção de café orgânico, certificada desde 1991 pelo Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD). Foram selecionados nove talhões com aproximadamente um hectare cada para avaliar a diversidade de polinizadores, a taxa de visitação e a produção de café ao longo de um gradiente de sombreamento (FIGURA 1). A área está situada em uma altitude média de 1.140 m, latitude 21°42' S e longitude 46°5' W. O clima é mesotérmico brando, com inverno seco (IBGE, 2001), precipitações médias anuais de 133 mm e temperatura média de 19,6°C (EMBRAPA, 2008). A região se encontra inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica com florestas tropicais semidecídua, predominando espécies arbóreas que perdem suas folhas no inverno (MOREIRA, 2009). A área da propriedade possui uma paisagem heterogênea, com áreas em regeneração, áreas de capoeira e nenhuma pastagem. A espécie de café cultivado na propriedade é *Coffea arabia*.

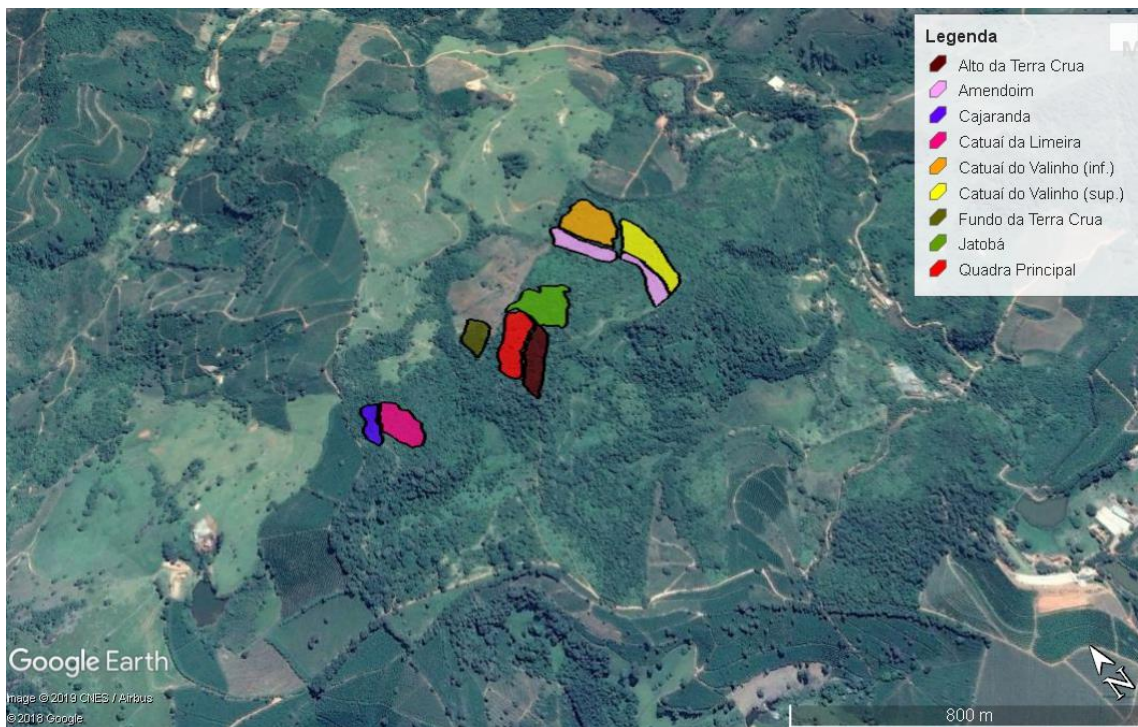


Figura 1 - Área de estudo de cultivo de café orgânico sombreado e a pleno sol na Fazenda Jacarandá, Machado, Minas Gerais, Brasil.

Fonte: Autoria própria.

2.2 Gradiente de sombreamento

Foi realizado um levantamento da cobertura vegetal, para avaliar o grau de sombreamento dos talhões, afim de analisar um gradiente da área mais a pleno sol até a área mais sombreada. Em cada talhão, foi feito um levantamento das espécies arbóreas. A área dos talhões foram divididas em cinco parcelas de 10 m x 10 m, sendo quatro nas extremidades e uma ao centro. Os indivíduos arbóreos com $DAP \geq 10$ cm (diâmetro à altura do peito) foram amostrados. Para cada espécime amostrado, foi estimada a altura do fuste, altura total e os tamanhos mínimo e máximo da copa.

Para calcular a área da copa foi utilizada a fórmula da elipse, onde:

$$\sqrt{(\text{tamanhomáximodacopa}^2 + \text{tamanhomínimodacopa}^2)}.$$

Para calcular a taxa de sombreamento dos talhões, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$x = \text{área total} * 100 / 500, \text{ onde } 500 \text{ m}^2 = \text{área total das parcelas}.$$

2.3 Amostragem dos visitantes florais

Foram feitas amostragens para caracterizar a visitação floral dos talhões nas principais floradas do café (setembro/outubro) em dois anos consecutivos (2017 e 2018). As observações foram realizadas em cinco indivíduos de café em cada talhão. A amostragem dos visitantes florais foram realizadas durante intervalos de 30 minutos por indivíduo, entre 6:00 e 17:00 horas. Foram observados 45 indivíduos de café em nove talhões, durante quatro dias em 2017 e dois dias em 2018, totalizando um esforço amostral aproximado de 66 horas de observações focais. O único talhão que não foi amostrado no primeiro ano de observações foi o Amendoim, pois os pés de café encontravam-se sem folhas e sem botões florais, este talhão foi observado somente em 2018.

O comportamento dos insetos visitantes foi registrado no momento da visita, diferenciando-os como visitante floral ou polinizador. Para diferenciar um visitante de um polinizador, foi observado se o inseto tocava as estruturas reprodutivas da flor (estigma e anteras). Os visitantes florais que tocaram as estruturas reprodutivas foram registrados como polinizadores e os que não tocaram como visitantes florais. O registro dos visitantes florais foi feito com auxílio de câmera digital e observação direta. Os insetos observados foram capturados com auxílio de potes e sacrificados em câmera mortífera com acetato de etila. Os insetos coletados foram identificados no Laboratório de Botânica na UNIFAL – MG, campus Alfenas, com auxílio de literatura especializada da 1ª edição do livro *Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação* (SILVEIRA, F. A. et al., 2002).

2.4 Experimentos de polinização

Os experimentos de polinização ocorreram em todas as áreas amostradas nos meses de setembro e outubro de 2017 e setembro de 2018. Os resultados da produção de 2018 não foram avaliados devido os frutos estarem em desenvolvimento até o presente momento. Os experimentos de polinização foram realizados em campo a fim de avaliar a taxa de frutificação em condições naturais e experimentais, através de cinco tratamentos diferentes. Para realizar os experimentos, cinco indivíduos de café foram selecionados a partir do centro de cada talhão com uma distância mínima de cinco metros entre eles. Os tratamentos realizados foram autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada

manual e polinização natural. Na autopolinização espontânea, foram marcadas 10 flores por indivíduo de café ainda em botões florais e mantidas ensacadas sem nenhuma manipulação. Para a autopolinização manual, foram marcadas 10 flores por indivíduo para realizar a polinização manual com pólen da própria flor em flores previamente ensacadas em botão floral. Para a polinização cruzada manual, foram utilizadas 10 flores pré-ensacadas por indivíduo, nas quais foi depositado pólen proveniente de flores de indivíduos situados a uma distância mínima de 50 m. Para este tratamento não foi necessário emasculas as flores devido as anteras abrirem somente após a antese. E, por último, a polinização natural, para a qual foram marcadas 30 flores por indivíduo que permaneceram disponíveis aos insetos visitantes florais. Após o cruzamento das flores e ao término das observações de visitantes florais e a antese das flores do tratamento de polinização natural, as flores foram ensacadas novamente para acompanhar o desenvolvimento dos frutos.

2.4.1 Acompanhamento dos tratamentos

O período de acompanhamento do desenvolvimento dos frutos foi de setembro de 2017 até a coleta dos frutos em maio de 2018. Em todos os meses, foi realizado o monitoramento para acompanhar os frutos. Os experimentos realizados em setembro de 2018 ainda estão sendo acompanhados. Nesse monitoramento, foi registrada a permanência dos frutos provenientes dos tratamentos de polinização, afim de avaliar a taxa de frutificação de cada tratamento. Avaliou-se também o tamanho do fruto e sua coloração em cada período até a sua maturação, a qual coincidiu com o período de colheita do café, no início de maio do ano seguinte.

2.5 Pesagem dos frutos e sementes

Todo o processo de pesagem foi feito em uma balança de precisão de quatro dígitos no laboratório BIOGEN na UNIFAL-MG. Os frutos e as sementes secas foram pesados individualmente. Após despolar os frutos, foi realizada uma contagem das sementes que cada fruto continha. As sementes foram lavadas para retirar as impurezas e levadas para a estufa do Herbário da UNIFAL-MG em bandejas de alumínio à temperatura de 60°C, onde

permaneceram durante três dias. Após a secagem, as sementes foram pesadas e seu comprimento medido com um paquímetro digital.

2.6 Análise de dados

A riqueza das espécies visitantes nas flores do café (S) foi determinada como o número observado de espécies de visitantes florais; a frequência relativa, como o percentual de indivíduos de cada espécie sobre o total de indivíduos de insetos capturados nos meses de coleta (SILVEIRA NETO et al., 1976). Para analisar a riqueza, visitação de polinizadores, e peso do fruto x taxa de sombreamento realizou-se uma regressão linear simples com o software R. Para o peso dos frutos, das sementes e o tamanho das sementes foram realizados ANOVA, o teste de normalidade, homocedasticidade e teste Tukey (1953) para realizar compara es entre as m dias, com um intervalo de confiança de 95%.

3 RESULTADOS

3.1 Cobertura vegetal

Ao todo foram registradas 41 espécies arbóreas nos nove talhões analisados. Destas, 29 foram identificadas em espécie, duas em famílias, uma é de origem híbrida (limoeiro) e nove não foram identificadas (APÊNDICE A). O talhão com maior número de árvores foi o Alto da Terra Crua, com aproximadamente 170 árvores, e como era de se esperar, foi o talhão com maior porcentagem de cobertura vegetal (21,79%). Em sequência, os talhões mais sombreados foram: Quadra Principal (19,92%), Catuaí do Valinho superior (17,53%), Jatobá (11,73%), Catuaí do Valinho inferior (11,9%), Catuaí da Limeira (10,58%), Cajaranda (8,87%), Fundo da Terra Crua (4,44%) e Amendoim (2,4%) (FIGURA 2).

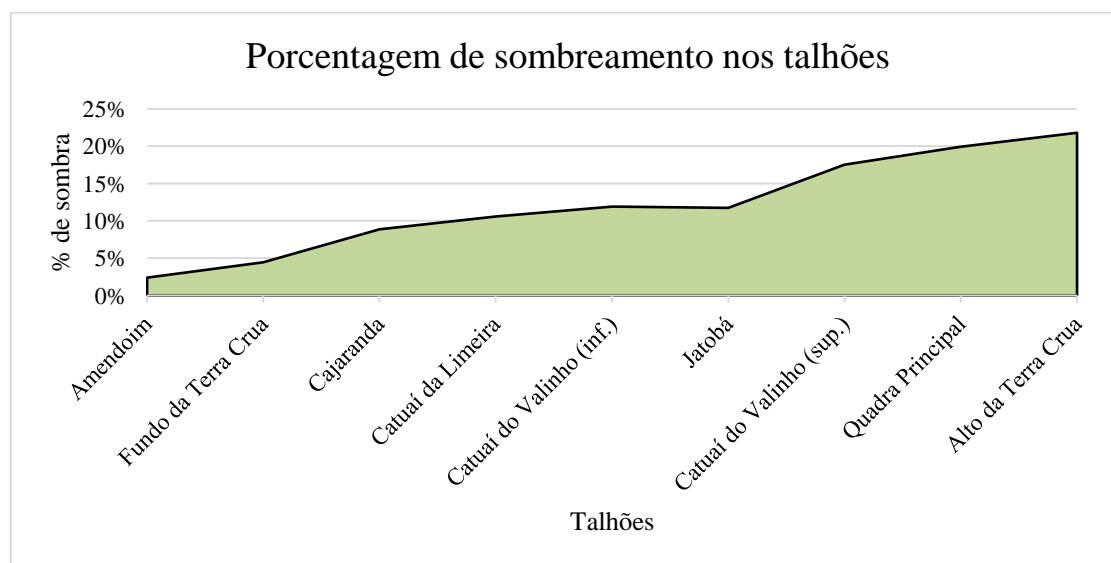


Figura 2 - Porcentagem de cobertura florestal no gradiente do talhão menos sombreado ao mais sombreado.

Fonte: A autoria própria.

3.2 Visitantes florais

No total foram observados 388 visitantes nas flores de café que representaram 24 espécies. As abelhas apresentaram maior número de visitas e foram registradas duas famílias de abelhas, Apidae (98,56%) e Halictidae (1,44%). Deste total, as abelhas foram responsáveis

por 89,69% das visitas nas flores de café, seguidas por espécies de vespas (4,63%), besouros (4,12%), percevejos (0,77%) moscas (0,51%) e borboletas (0,25%) (APÊNDICE B). Foram registradas 12 espécies de abelhas nativas (300 indivíduos visitaram 818 flores de café), as quais comparadas a abelha *Apis mellifera* (48 indivíduos visitaram 292 flores de café), foram os principais visitantes e as mais abundantes nas áreas de estudo (FIGURA 3).

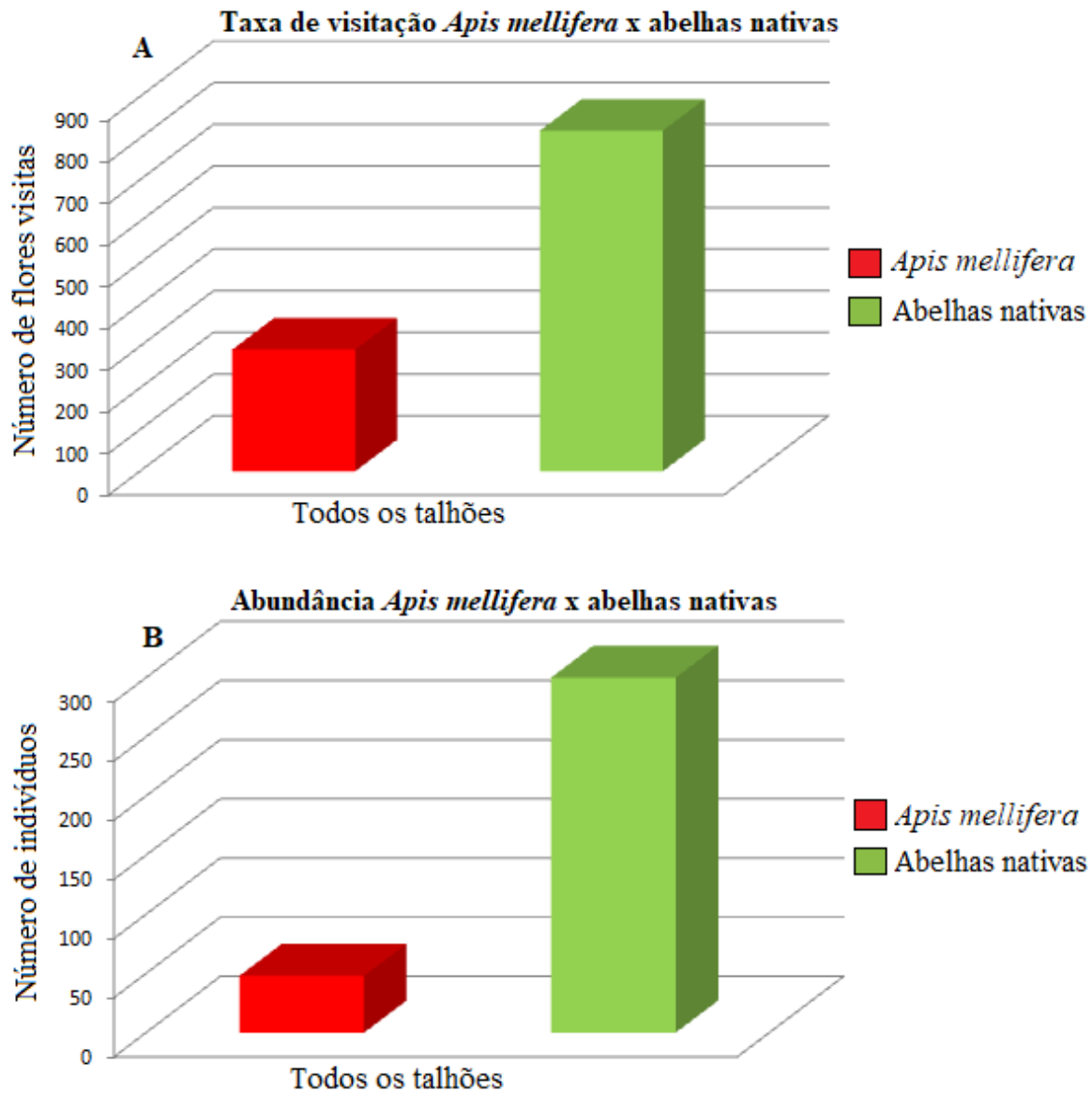


Figura 3 - Taxa de visitação e abundância de *Apis mellifera* x abelhas nativas nas áreas de cultivo de café orgânico do respectivo estudo.

Fonte: Autoria própria.

As abelhas do gênero *Trigona* (*Trigona* sp. e *Trigona spinipes*) foram os principais visitantes florais com 116 visitas (29,89%) nas flores de café, seguido por *Plebeias* sp. com

70 visitas (18,04%), *Frieseomelitta* sp. com 53 visitas (13,65%) e *Apis mellifera* com 48 visitas (12,37%) (TABELA 1). *Trigona* sp. foi a única espécie registrada em todos os talhões, tendo um total de 79 visitas e ocorrendo com maior abundância no Alto da Terra Crua (24 indivíduos visitantes) e Catuaí da Limeira (17 indivíduos visitantes) (APÊNDICE C). O talhão com maior número de visitas foi o talhão com maior número de árvores e a maior porcentagem de sombra, o Alto da Terra Crua com 116 visitas (TABELA 1). O talhão com maior riqueza de espécies foi o Catuaí da Limeira, com 15 espécies das 24 observadas. Em sequência os talhões com maior riqueza de espécies foram o Alto da Terra Crua e o Cajaranda com 13 espécies e 10 espécies, respectivamente (APÊNDICE C).

Tabela 2 - Número de visitas realizado por espécie visitante floral registrada em cada talhão.

	Talhões									Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Espécies de visitantes										
florais	5	13	3	17	2	1	5	2	-	48
<i>Apis mellifera</i>										
<i>Cephalotrigona</i> sp.1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp.1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2
Coccinellidae sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Coleoptera sp.1	2	3	-	-	1	-	8	-	-	14
Coleoptera sp.2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Diptera sp.1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Diptera sp.2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Frieseomelitta</i> sp. 1	28	1	-	12	5	-	5	1	1	53
<i>Friesomielitta</i> sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Halictidae sp.1	1	3	-	1	-	-	-	-	-	5
Hemiptera sp.	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2
Lepidoptera sp.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Meliponini sp.1	-	-	-	11	-	-	-	-	-	11
Meliponini sp.2	1	12	-	13	3	-	2	3	-	34
<i>Oxytrigona</i> sp.1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	3
<i>Plebeia</i> sp.	5	11	-	17	16	19	-	2	-	70
<i>Tetragonisca</i> sp.	-	-	-	-	3	1	-	-	-	4
Tibicinidae sp.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1

<i>Trigona</i> sp.	6	17	3	24	1	5	8	8	7	79
<i>Trigona spinipes</i> Fabricius, 1793	3	4	2	13	-	-	4	5	6	37
Vespidae sp.1	-	1	-	-	2	-	-	-	1	4
Vespidae sp.2	-	2	2	1	1	1	-	1	-	8
Vespidae sp.3	1	1	-	4	-	-	-	-	-	6

Fonte: Autoria própria.

Nota: Letras representam cada talhão: A – Cajaranda; B – Catuaí da Limeira; C – Fundo da Terra Crua; D – Alto da Terra Crua; E – Quadra Principal; F – Jatobá; G – Catuaí do Valinho (sup.); H – Catuaí do Valinho (inf.); I – Amendoim.

Plebeia sp. apresentou a maior frequência de todos os visitantes florais, sua frequência foi de 70,3% de visitas no Jatobá e 47% na Quadra Principal. A segunda espécie mais frequente foi *Frieseomelitta* sp. no talhão Cajaranda com 52,8% de frequência, seguida por *Trigona* sp. e *Trigona spinipes* no talhão Amendoim com frequências de 41,1% e 35,2% (TABELA 2). O talhão menos sombreado foi o segundo com menor abundância de visitantes florais com 17 indivíduos (ANOVA $F=7,55$, $df=8,63$, $p=0,02$) (APÊNDICE C).

A riqueza de polinizadores em relação a taxa de sombreamento nos cultivos possui uma correlação fraca e seus valores não são significativos estatisticamente ($p=0,19$) (FIGURA 4). A frequência de visitação possui uma correlação média em relação à taxa de sombreamento nos cultivos, seu valor foi significativo apenas no talhão Catuaí da Limeira ($y=2,94x + 7,37$; $F=7,55$, $df=8,63$, $R^2=0,34$, $n=9$, $p<0,01$) (FIGURA 4).

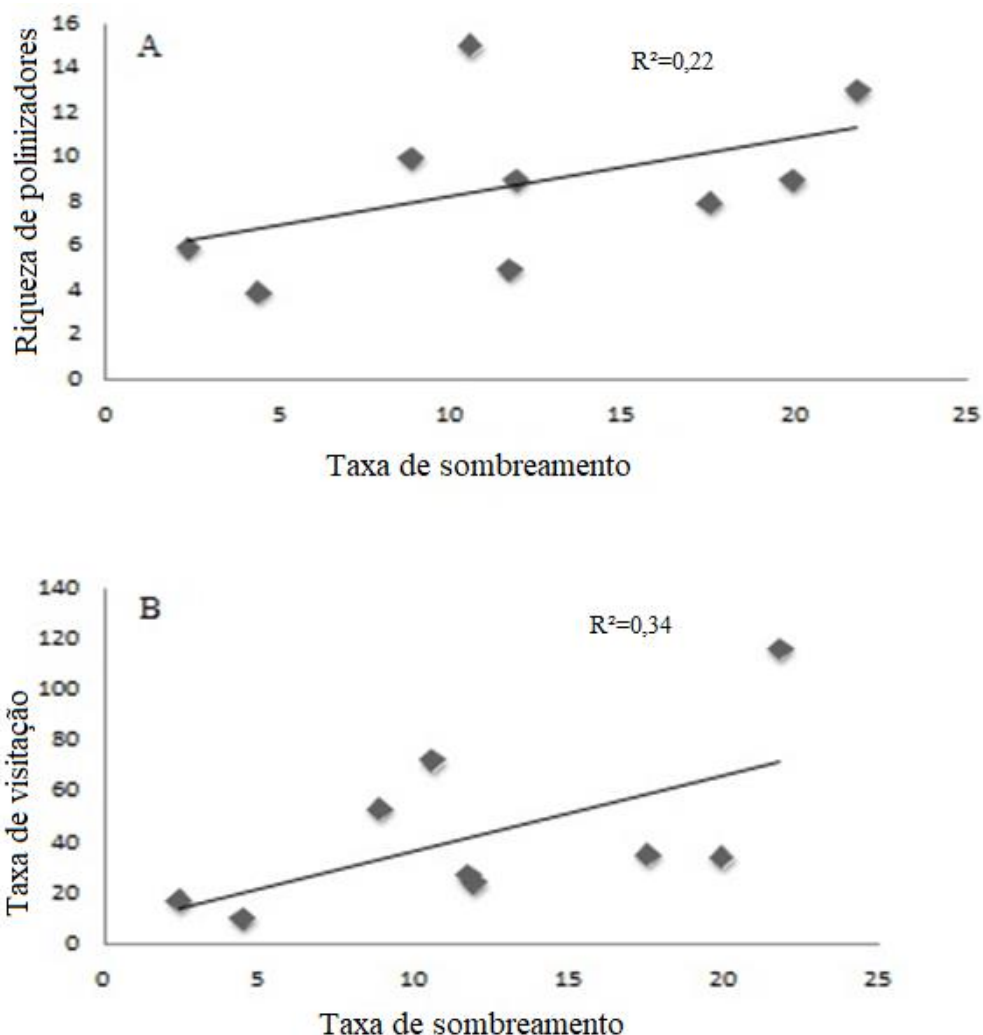


Figura 4 – Regressão linear simples da riqueza de polinizadores e taxa de visitação x taxa de sombreamento no cultivo de café. A) Riqueza de polinizadores x taxa de sombreamento; B) Taxa de visitação x taxa de sombreamento.

Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Horário de visitação e características das visitas

A faixa de horário com maior registro de visitantes florais foi das 09 às 12 horas. O horário com o maior número de visitantes florais foi das 10 às 11 horas (106 visitas), seguido das 09 às 10 (91 visitas), e das 11 às 12 horas (63 vistas) (APÊNDICE D). As espécies com maior número de visitas nessa faixa de horário foram *Trigona* sp. Com 25 visitas no período das 10 às 11 horas, *Frieseomelitta* sp. com 23 visitas no período das 9 às 10 horas, *Plebeia*

sp.com 17 visitas no período das 10 às 11 horas, *Trigona spinipes* com 16 visitas no período das 10 às 11 horas, *Meliponini sp.3* com 12 visitas no período das 10 às 11 horas, *A. mellifera* com 11 visitas no período das 9 às 10 horas e *Coleoptera sp.* com seis visitas no período das 10 às 11 horas (FIGURA 4).



Figura 5 – Distribuição do horário de visita das quatro espécies mais abundantes nas flores do café.

Fonte: Autoria própria.

No total foram visitadas 1236 flores de café durante a realização do experimento. Apesar de *A. mellifera* ter sido o quarto visitante floral mais abundante, esta espécie foi a que visitou mais flores (292 flores), seguida por *Trigona sp.* (208 flores), *Plebeia sp.* (186 flores), e *Frieseomelitta sp.* (162 flores). O recurso mais coletado pelos insetos visitantes foi o néctar em 699 coletas. Comparado ao néctar, apenas 133 visitas resultaram na coleta do pólen (APÊNDICE E). Dos recursos coletados, a abelha que mais coletou néctar foi *A. mellifera* (215 vezes), e a que mais coletou pólen foi *Frieseomelitta sp.* (49 vezes). As abelhas do gênero *Trigona* foram os principais pilhadores, pilharam 73 flores, sendo 49 flores por *Trigona sp.* e 24 flores por *Trigona spinipe*. e *Plebeia sp.* pilhou 44 flores (FIGURA 5). Por

exemplo, enquanto *Frieseomelitta* sp. visitava uma flor, *A. mellifera* já estava na sua quarta ou quinta visita.

3.3 Experimentos de polinização

3.3.1 Taxa de frutificação

No total foram ensacadas e manipuladas 2890 flores, com um total de 1710 flores que geraram frutos viáveis e 1180 abortos (TABELA 3). Dos tratamentos realizados, os que apresentaram maior taxa de frutificação foram polinização cruzada manual e polinização natural com 69,27% e 68,46%, respectivamente (TABELA 3). O tratamento de autopolinização espontânea apresentou a menor taxa de frutificação (46,19%) e maior taxa de aborto (53,81%) ($F=9,88$, $df=9,14$, $p<0,002$).

Tabela 3 - Taxa de frutificação, taxa de aborto dos tratamentos de polinização.

Tratamento	Quantidade de			Taxa de frutificação	Taxa de aborto
	flores	Frutosgerados	Aborto		
AE	420	194	226	46,19%	53,81%
AM	410	241	169	58,78%	41,22%
PCM	410	284	126	69,27%	30,73%
PN	1230	842	388	68,46%	31,54%
PV	420	149	271	35,48%	64,52%

Fonte: Autoria própria.

Nota: AE – autopolinização espontânea; AM – autopolinização manual; PCM – polinização cruzada manual; PN – polinização natural; PV – polinização após uma visita.

3.3.2 Frutos

Do total de 2910 flores que geraram frutos, 72,95% formaram sementes viáveis. A média do peso do fruto para todos os tratamentos em cada talhão foi significativo no cultivo com a quarta menor taxa de sombreamento ($F=34,28$, $df=7$, $p<0,001$) apresentando a menor média de peso ($\bar{x}=0,94$). Os demais cultivos não se diferenciam entre si.

A média geral do peso dos frutos não se diferencia estatisticamente entre os tratamentos ($F=0,12$, $df=13,72$, $p=0,72$). O peso do fruto nos tratamentos de polinização natural sobre o tratamento de polinização cruzada manual possui uma correlação média em

relação à taxa de sombreamento dos cultivos, entretanto não possui significância estatística ($y=0,07x + 0,27$; $F=3,93$, $R^2=0,39$, $n=8$, $p=0,09$) (FIGURA 5).

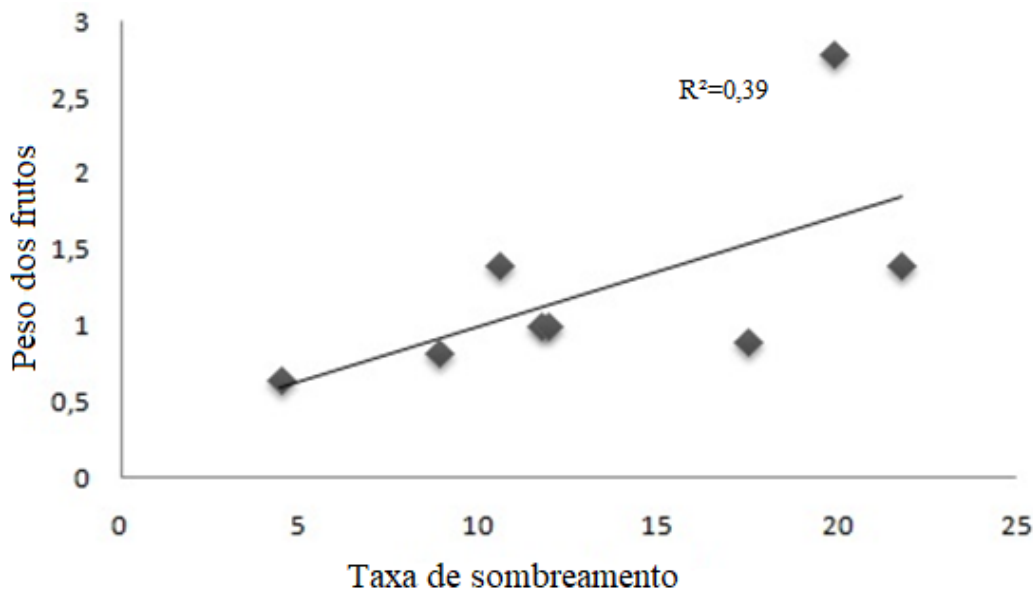


Figura 5 - Correlação do peso do fruto dos tratamentos de polinização natural sobre polinização cruzada manual x taxa de sombreamento dos cultivos.

Fonte: Autoria própria.

3.3.3 Sementes

Os frutos colhidos geraram de uma a três sementes. O número de frutos que geraram uma semente foi de 219, os que geraram duas sementes foi de 1341 e apenas 22 frutos geraram três sementes. O tamanho das sementes foi significativo para o tratamento de polinização natural no talhão Catuaí do Valinho (sup.) ($F=6,6$, $df=9,22$, $p<0,001$), apresentando a maior média ($\bar{x}=10,08$) (FIGURA 6). Entretanto, o único talhão que apresentou resultados significativos para o tamanho da semente em relação a todos os tratamentos, foi o Jatobá ($F=6,6$, $df=9,22$, $p<0,001$). Considerando esta área, as sementes apresentaram a menor média de tamanho em todos os tratamentos de polinização ($\bar{x}=7,37$) (FIGURA 6).

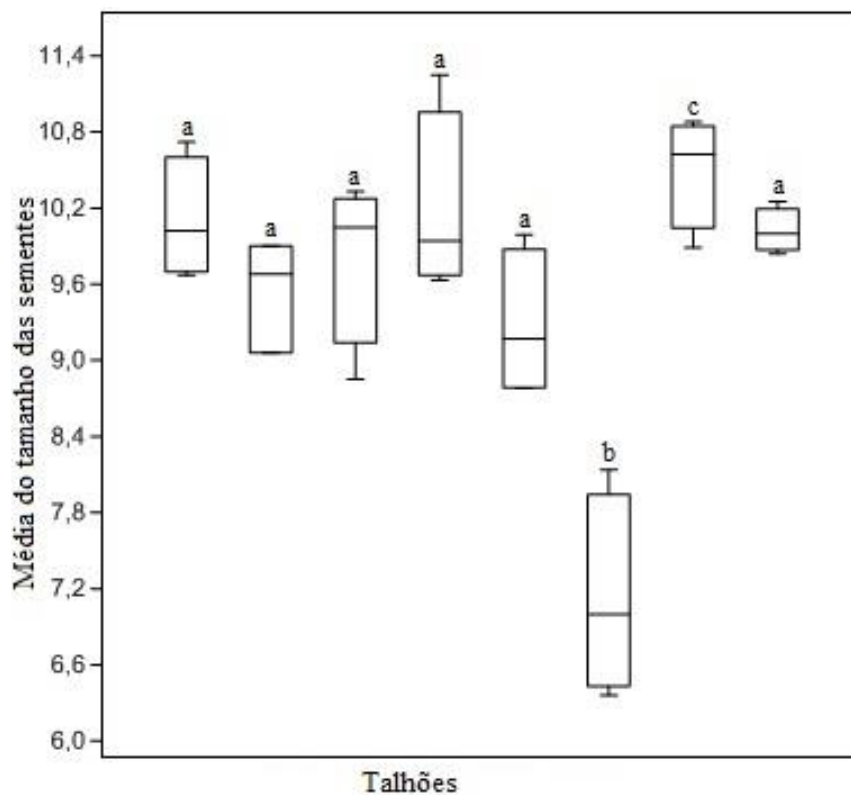


Figura 6 - Média do tamanho das sementes dos tratamentos de polinização realizados em cada talhão.

Fonte: Autoria própria.

Nota: a) médias não significativas para o tamanho das sementes nos gradientes de sombra: 8,87%

(Cajaranda), 10,58% (Catuaí da Limeira), 4,44% (Fundo da Terra Crua), 21,79% (Alto da Terra Crua), 19,92% (Quadra Principal) e 11,9% (Catuaí do Valinho inferior); b) menor média de tamanho em todos os tratamentos de polinização nos gradientes de sombra 11,73% (Jatobá); c) maior média no tamanho da semente para o tratamento polinização natural no gradiente de sombra de 17,53% (Catuaí do Valinho superior).

Com relação ao peso das sementes, não houve diferença estatística em nenhum dos tratamentos realizados ($F=1,27$, $df=9,48$, $p=0,35$). Na correlação entre o peso das sementes nos tratamentos polinização natural e polinização cruzada manual x grau de sombreamento, nenhum apresentou significância estatística, onde o valor de p em todas as variáveis foi $\geq 0,05$.

4 DISCUSSÃO

A propriedade onde o estudo foi realizado possui uma paisagem heterogênea, quase toda área de cultivo é sombreada e há bastante área com matas conservadas e áreas de regeneração. Este aspecto favorece a conservação de polinizadores, pois além de terem local para nidificar, encontram recursos quando forrageiam (KLEIN et al., 2003; DE MARCO; COELHO, 2004; BOREUX et al., 2012).

A produção de café em sistema sombreado é de pouco impacto, mas pode beneficiar a planta, serve como refúgio para a biodiversidade, favorecendo inúmeras espécies de insetos, aves e mamíferos (PERFECTO et al., 1996). Isso evidencia a importância de se cultivar café sombreado, pois além de proporcionar uma produção melhor, serve como abrigo para muitos animais, beneficiando a conservação destes (MUSCHLER, 2001; VAAST et al., 2006; mas ver BOSSELMANN et al., 2009). Das espécies arbóreas encontradas nos talhões, a mais utilizada e que ocorre nos nove talhões é o Pau-Pereira (*Platycyamus regnellii*, Fabaceae). Esta árvore pode passar dos 20 metros de altura com uma copa capaz de produzir mais de 10 m² de área de sombra. Alguns autores relacionam que a composição do habitat e a disponibilidade de recursos florais oferecidos tendem a ter maiores efeitos na taxa de visitação do que a distância para um fragmento florestal (KLEIN et al. 2003b, 2006; JHA; VANDERMEER, 2009).

Das abelhas observadas, as três mais abundantes são abelhas nativas, *Trigona* sp., *Plebeia* sp. e *Frieseomelitta* sp., e a quarta mais abundante foi *A. mellifera*. O fato dos principais visitantes serem abelhas sociais nativas, pode-se justificar pelo fato de possuírem corpo pequeno e costumam fazer seus ninhos em caules ocos (MICHENER, 2000). Saturni colaboradores (2016), registraram *A. mellifera* como a espécie mais abundante. Na revisão realizada por Ngo e colaboradores (2011), *A. mellifera* foi apontada como a abelha mais abundante no cultivo de café no Brasil, Costa Rica, Jamaica, Panamá e México (NOGUEIRA-NETO et al., 1959; AMARAL, 1972; BADILLA; RAMÍREZ, 1991; RAW; FREE, 1977; ROUBIK, 2002a; KLEIN et al., 2003; MALERBO-SOUZA et al., 2003; DE MARCO; COELHO, 2004; RICKETTS, 2004; VEDDELER et al., 2006; MANSON, 2008). Diante disso, os resultados desse estudo mostram ser importante levar em consideração que um cultivo sombreado de café favorece as abelhas nativas, pois estas foram mais abundantes que *A. mellifera*.

Um achado importante deste estudo, foi o talhão mais sombreado ter sido o com maior número de visitantes florais. Este resultado é semelhante ao encontrado por Ngo e colaboradores (2013) na Costa Rica, por Jha e Vandermeer (2009), em Chiapas, México e por Vergarae Badano (2009), em Veracruz, México, onde a riqueza de espécies de visitantes florais foi maior no café sombreado do que no café a pleno sol. Quando se compara a porcentagem de sombreamento e a quantidade de árvores por talhão, nota-se que o maior número de visitantes florais é diretamente proporcional. Este resultado nos mostra que um talhão mais sombreado tende a receber um número maior de visitantes nas flores de café. Os resultados mostram que as abelhas foram os visitantes florais mais frequentes e abundantes no café. Contudo, o presente estudo registrou a visita de um Coccinellidae, dois Coleoptera, um Hemiptera, um Lepidoptera, um Tibicinidae, e três Vespidae. É preciso mais estudos para compreender melhor a relação dessas espécies com a polinização no café, para que se possa discutir de forma mais aprofundada a importância delas para a produção de café.

Normalmente, as atividades de voo das abelhas estão relacionadas às condições externas da colmeia como temperatura, umidade, luminosidade e disponibilidade de recursos (AZEVEDO, 1997; HEARD; HENDRIKZ, 1993; HILÁRIO et al., 2001; IMPERATRIZ-FONSECA et al., 1985; INOUE et al., 1985; KLEINERT-GIOVANNINI, 1982). A faixa de temperatura para que as abelhas iniciem o forrageamento varia de 11 a 20° C, sendo a partir das 6:00 da manhã, isso nas abelhas sem ferrão e dependendo do tamanho do corpo (KLEINERT et al., 2009). Já *A.mellifera* precisa de uma temperatura a partir de 15°C para iniciar suas atividades, sendo a partir das 7:00 da manhã (MALERBO-SOUZA; SILVA, 2011). Em relação a faixa de horário de visitantes florais no café, não se encontrou nenhuma referência em âmbito nacional e nem internacional para discutir. Dessa forma, o presente estudo traz dados inéditos sobre quais as faixas de horários e o pico de horário em que as abelhas forrageiam nas flores de café em busca de néctar e pólen.

Alguns autores mencionam que o grão do café tende a ser maior e ter mais qualidade quando o cultivo está em sistema sombreado (MUSCHLER, 2001; VAAST et al., 2006; BOSSELMANN et al., 2009). Este presente estudo encontrou resultados onde a maior média do peso do fruto ocorreu no cultivo com taxa de sombreamento de 10,58%. O tratamento de polinização que apresentou a maior taxa de aborto e menor taxa de frutificação foi o autopolinização espontânea. Este resultado é semelhante ao encontrado por Klein et al., 2003;

Klein et al., 2007; Potts et al., 2010. Embora os resultados não tenham sido significativos apontando o cultivo mais sombreado como o mais visitado e com maior média de peso dos frutos, *in loco*, observou-se que teve a maior ocorrência de insetos.

As correlações da taxa de visitação, riqueza de polinizadores e peso dos frutos x taxa de sombreamento, apresentaram uma relação positiva. Apesar de não serem significativos, a regressão linear mostra que há uma tendência da riqueza e visitação de polinizadores, assim como o peso do fruto serem maiores conforme aumenta a taxa de sombreamento no cultivo de café.

5 CONCLUSÃO

O estudo revelou a importância que o cultivo de café sombreado tem sobre os insetos polinizadores. Os principais visitantes florais foram as abelhas nativas, isso mostra o potencial que um cultivo de café sombreado e orgânico proporciona como local de abrigo e alimentação para elas, pois além de não utilizar agrotóxicos, as árvores servem como local de nidificação para as abelhas e demais insetos. Os talhões com maior porcentagem de sombra foram os que mais receberam visitas nas flores de café, e apresentaram maior produtividade. A polinização cruzada manual apresentou a maior taxa de frutificação. Isso prediz o quanto é importante que haja polinização cruzada no café mesmo a espécie sendo autocompatível. A polinização cruzada melhora a produção, desta forma, quanto maior o número de visitantes florais, maior será a produção de café. Economicamente falando, isso beneficia o cafeicultor na venda do café, agregando valor na saca, já que o café é vendido pelo aspecto e pela bebida. Isso significa que quanto maiores as sementes, melhor será o aspecto e melhor a qualidade da bebida. É importante ressaltar que em um cultivo de café, há vários fatores de pré e pós colheita que contribuem diretamente para a qualidade dos grãos e da bebida.

Diante os resultados apresentados nesse estudo, conclui-se que o café orgânico sombreado favorece a conservação de abelhas nativas, a produção do café é melhorada quando há a presença de visitantes florais que realizam a polinização cruzada, e o cafeicultor pode ser beneficiado economicamente, pois seu café tende a melhorar o aspecto e a qualidade da bebida por produzir grãos maiores. Contudo, é importante que mais estudos sejam realizados em diferentes propriedades com diferentes métodos de sombreamento e manejo da lavoura em relação a esse estudo. Assim o conhecimento sobre a polinização, os visitantes florais e a produção de café orgânico sombreado serão maiores.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. et al. 2016. Shade's benefit: coffee production under shade and full sun. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 11, p. 11-19, 2016.
- ANDRADE, H. J.; IBRAHIM, M. ¿Cómomonitorrear el secuestro de carbon en los sistemas silvopastoriles? **Agroforestería en las Américas**, v.10, p.109-116, 2003.
- AMARAL, E. Insect pollination of *Coffea arabica* L., and radius of action of *Apis mellifera* Linneaus 1758, in the collection of pollen in coffee plantations in bloom. **Departamento de Entomologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba**, v. 543, 1972.
- ARMBRECHT, I.; GALLEGO, M. C. Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v. 124, n. 3, p. 261-267, 2007.
- ATAROFF, M.; MONASTERIO, M. Soil erosion under different management of coffee plantations in the Venezuelan Andes. **Soil Technology**, v. 11, n. 1, p. 95-108, 1997.
- BADILLA, F.; RAMÍREZ, B. W. Polinización de café por *Apis mellifera* L. y otros insectos en Costa Rica. **Turrialba**, v. 41, n. 3, p. 285-288, jul-sept. 1991.
- BARBERA-CASTILLO, N. **Diversidad de especies de hormigas en sistemas agroforestales contrastantes de café, em Turrialba, Costa Rica**. 2001. 99f. Tese (Doutorado) – Doutorado em Ciências Agrícolas e Recursos Naturais, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, 2001.
- BEER, J. et al. Shade management in coffee and cacao plantations. **Sistemas agroflorestais**, v. 38, n.1-3, p.139-164, 1997.
- BENJAMIN et al. Pollinator body size mediates the scale at which land use drives crop pollination services. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 2, p. 440-449, 2014.
- BOREUX, V. et al. Interactive effects among ecosystem services and management practices on crop production: pollination in coffee agroforestry systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 21, p. 8387-8392, 2013.

BOSSELMANN, A. S. et al. The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 129, n. 1-3, p. 253-260, 2009.

BROSI, B. B. et al. The effects of forest fragmentation on bee communities in tropical countryside. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 3, p. 773-783, 2008.

BROWN, J. C.; ALBRECHT, C. The effect of tropical deforestation on stingless bees of the genus *Melipona* (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in central Rondonia, Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 28, n. 5, p. 623-634, 2001.

BROWN, M. J. F.; PAXTON, R.J. The conservation of bees: a global perspective. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 410-416, 2009.

CARVALHO, A.; KRUG, C. A. Biologia da flor do cafeeiro *Coffea arabica* L. **Ciência e Cultura**, v. 62, p. 35-38, 2010. Número especial.

COSTANZA, R. et al. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go?. **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1-16, 2017.

CUNNINGHAM, S. A. et al. To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 173, p. 20-27, 2013.

DANNER, N.; HÄRTEL, S.; STEFFAN-DEWENTER, I. Maize pollen foraging by honey bees in relation to crop area and landscape context. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, n. 8, p. 677-684, 2014.

DE-MARCO, P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, n. 7, p. 1245-1255, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Banco de dados climatológicos do Brasil**. Disponível em:
<<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/resultados/mg/95/balanco.html>>
Acesso em: 20 ago. 2018.

ESTÍVARIZ-COCA, J. J. **Efecto de sombra sobre la floración y producción de café (Coffea arabica var. Caturra), después de una poda completa en Turrialba, Costa Rica.** 1997. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrícolas e Recursos Naturais) – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. p. 19-2. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. (Eds.) **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. 285p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAOSTAT). Crops (National Production). **Investing in agriculture for a better future.** Rome, 2012.

FERNANDES, D. R. Manejo do Cafezal. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do Cafeeiro.** Piracicaba: Potafós, 1986. cap. 36, p. 275-301.

FERREIRA, F. M. C. **A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia para a conservação.** 2008. 97f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FRAGOSO, D. B. et al. Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 92, n. 3, p. 203-212, 2002.

GARIBALDI, L. A. et al. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. **Ecology Letters**, v. 14, n. 10, p. 1062-1072, 2011.

GIANNINI, T. C. et al. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.

GEMMILL-HERREN, B.; OCHIENG, A. O. Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 127, n. 1-2, p. 31-36, 2008.

- GONZÁLEZ-VARO et al. Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 9, p. 524-530, 2013.
- GORMLEY, L. H. L.; SINCLAIR, F. L. Modelaje participativo del impacto de los árboles en la productividad de las fincas y labiodiversidad regional em paisajes fragmentados en América Central. **Agroforestería Las Américas**, v. 10, n. 39-40, p. 103-108, 2003.
- GREENBERG, R. et al. The impact of avian insectivory on arthropods and leaf damage in some Guatemalan coffee plantations. **Ecology**, v. 81, n. 6, p. 1750-1755, 2000.
- HADLEY, A. S.; BETTS, M. G. The effects of landscape fragmentation on pollination dynamics: absence of evidence not evidence of absence. **Biological Reviews**, v. 87, n. 3, p. 526-544, 2012.
- HAGGAR, J. et al. Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America. **Agroforestry Systems**, v. 82, n. 3, p. 285-301, 2011.
- HEARD, T. A.; HENDRIKZ J. K. Factors influencing flight activity of colonies of the stingless bee *Trigona carbonaria* (Hymenoptera, Apidae). **Australian Journal of Zoology**, v. 41, n. 4, p. 343-353, 1993.
- HEARD, T. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual Review of Entomology**, v. 44, n. 1, p. 183-206, 1999.
- HERNÁNDEZ-GUERRA, O. R. **Rendimiento y análisis financiero del sistema agroforestal café (*Coffea arabica* cv Caturra) con poró (*Erythrina Poeppigiana*) bajo diferentes densidades de laurel (*Cordia alliodora*)**. 1995. 60 p. Dissertação (Mestrado) Mestrado em Fitotecnia, Centro Agronômico Tropical de Investigação e Ensino, Programa de Ensino em Ciências Agrícolas e Recursos Naturais, Turrialba, 1995.
- HILÁRIO, S. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERT, A. D. M. P. Responses to climatic factors by foragers of *Plebeia pugnax* Moure (in litt.) (Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 2, p. 191-196, 2001.
- HIPÓLITO, J.; BOSCOLO, D.; VIANA, B. F. Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 256, sept. 2016, p. 218–225, 2018.

HOLZSCHUH, A.; DUDENHÖFFER, J. H.; TSCHARNTKE, T. Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. **Biological Conservation**, v. 153, p. 101-107, 2012.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERT-GIOVANNINI, A.; PIRES, J. T. Climate variation influence on the flight activity of *Plebeia remota* Holmberg (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 29, n.3/4, p. 427-434, 1985.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. Polinizadores e Polinização: um Tema Global. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (Ed.). **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012 cap. 1, p. 25-48.

INOUE, T. et al. Foraging behavior of individual workers and foraging dynamics of colonies of three Sumatran stingless bees. **Researches On Population Ecology**, v. 27, n. 2, p. 373-392, 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de climas do Brasil**. Rio de Janeiro: 2001. Mapa de climas. Escala: 1:5.000.000.

INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES (IPBES). **The assessment report on pollinators, pollination and food production of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services**. [S.I. : s.n.], 2017.

JHA, S.; VANDERMEER J. H. Contrasting bee foraging in response to resource scale and local habitat management. **Oikos**, v. 118, n. 8, p. 1174-1180, 2009.

JHA, S., VANDERMEER, J. H. Impacts of coffee agroforestry management on tropical bee communities. **Biological Conservation**, v. 143, n. 6, p. 1423-1431, 2010.

JHA, S. et al. Shade coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. **Bio Science**, v. 64, n. 5, p. 416-428, 2014.

KARP, D.S. et al. Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. **Ecology Letters**, v. 16, n. 11, p. 1339-1347, 2013.

KLEIN, A. M. et al. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, v. 90, n. 1, p. 153-157, 2003.

KLEIN, A. M. et al. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1518, p. 955-961, 2003.

KLEIN, A. M. et al. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, v. 40, n. 5, p. 837-845, 2003.

KLEIN, A. M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the royal society B: biological sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2006.

KLEIN, A. M. et al. Advances in pollination ecology from tropical plantation crops. **Ecology**, v. 89, n. 4, p. 935-943, 2008.

KLEINERT, A. M. P. et al. Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). In: PANIZZU, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 10, p. 371-424.

KLEINERT-GIOVANNINI, A. The influence of climatic factors on flight activity of *Plebeia emerina* Friese (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) in winter. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.26, n. 1, p. 1-13, 1982.

KREMEN, C. et al. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. **Ecology letters**, v. 7, n. 11, p. 1109-1119, 2004.

LIN, B. B. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. **Meteorologia Agrícola e Florestal**, v. 144, n. 1-2, p. 85-94, 2007.

LOPES, P. R. et al. Produção de café agroecológico no sul de Minas Gerais: sistemas alternativos à produção intensiva em agroquímicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 1, p. 25-38, 2012.

MALERBO-SOUZA, D. T. et al. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, p. 272-278, 2003.

MALERBO-SOUZA, D. T.; SILVA, F. A. S. Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* L. no decorrer do ano. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 183-190. 2011.

MANSON, R. H. (Ed.). **Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación**. Instituto Nacional de Ecología, 2008.

MARQUES, M. F. et al. **Polinizadores na agricultura: ênfase em abelhas**. Rio de Janeiro: Funbio, 2015. 40 p.

MATIELLO, J. B. **Sistemas de produção na cafeicultura moderna, tecnologias de plantio adensado, renque mecanizado, arborização e recuperação de cafezais**. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 1995. 102 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Polinizadores em risco de extinção são ameaça à vida do ser humano**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/9976-polinizadores-em-risco-de-extin%C3%A7%C3%A3o-%C3%A9-amea%C3%A7a-%C3%A0-vida-do-serhumano?tmpl=component&print=1>>. Acesso em: 17 de jul. 2018.

MOREIRA, C. F. **Sustentabilidade de sistemas de produção de café sombreado orgânico e convencional**. 2009. 145f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2009.

MOTZKE, I. et al. Habitat management on multiple spatial scales can enhance bee pollination and crop yield in tropical homegardens. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 223, p. 144-151, 2016.

MUÑOZ, G.; ALVARADO, J. Importancia de la sombra en el cafetal. **Agroforestaria las Américas**, v.4, n. 3, p. 25-29, 1997.

MUSCHLER, R. G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. **Agroforestry systems**, v. 51, n. 2, p. 131-139, 2001.

NOGUEIRA-NETO, P. et al. Efeito da exclusão dos insetos polinizadores na produção do café Bourbon. **Bragantia**, v. 18, p. 441–468, 1959.

NGO, A. C. et al. Coffee plant – pollinator interactions: a review. **Canadian Journal of Zoology**, v. 89, n. 8, p. 647-660, 2011.

NGO, A. C. et al. Evaluating bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity using Malaise traps in coffee landscapes of Costa Rica. **The Canadian Entomologist**, v. 145, n. 4, p. 435-453, 2013.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals?. **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

PERFECTO, I. et al. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. **BioScience**, v. 46, n. 8, p. 598-608, 1996.

PERFECTO, I. et al. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. **Ecology**, v. 85, n. 10, p. 2677-2681, 2004.

POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

PRIESS, J. A. et al. Linking deforestation scenarios to pollination services and economic returns in coffee agroforestry systems. **Ecological Applications**, v. 17, n. 2, p. 407-417, 2007.

RADER, R. et al. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 1, p. 146-151, 2016.

RAW, A.; FREE, J. B. The pollination of coffee (*Coffea arabica*) by honeybees. **Tropical Agriculture**, v. 54, n. 4, p. 365-70, 1977.

RECH, A. R.; MARTINS, A. C.; LEITE, F. B. Interações entre plantas e polinizadores sob uma perspectiva filogenética. In: RECH, A. R.; MARTINS, A. C.; LEITE, F. B. **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014, cap. 18, p. 399-410.

RELATÓRIO TEMÁTICO SOBRE POLINIZAÇÃO, POLINIZADORES E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NO BRASIL (RTPPPAB). **Contextualização do Relatório Temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil no escopo da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES)**. [S.I. : s.n.], 2019.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. (Ed.). *Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais. ESALQ-USP, Série Difusão*, v.1, Piracicaba, 2015.

RICKETTS, T. H. Tropical forest fragments enhance pollinators activity in nearby coffee crops. **Conservation Biology**, v. 18, n. 5, p. 1262-1271, 2004.

RICKETTS, T. H. et al. Economic value of tropical forest to coffee production. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 34, p. 12579-12582, 2004.

RICKETTS, T. H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?. **Ecology letters**, v. 11, n. 5, p. 499-515, 2008.

ROUBIK, D.W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge Univeristy Press, Cambridge, 1988.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. New York. Cambridge University Press, 1992.

ROUBIK, D. W. (Ed.). **Pollination of cultivated plants in the tropics**. Food & Agriculture Org., 1995.

ROUBIK, D. W. et al. The pollination of cultivated plants: A compendium for practitioners. **Vol1. Italy, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2018.

SALA, O. E. et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, v. 287, n. 5459, p. 1770-1774, 2000.

SLAA, J. E. et al. Stingless bees unapplied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 293-315, 2006.

SATURNI, F. T.; JAFFÉ, R.; METZGER, J. P. Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 235, p. 1-12, 2016.

STAVER, C. et al. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry systems**, v. 53, n. 2, p. 151-170, 2001.

VAAST, P. et al. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2006.

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I.; PHILPOTT, S. Ecological complexity and pest control in organic coffee production: uncovering an Autonomous ecosystem service. **BioScience**, v. 60, n. 7, p. 527-537, 2010.

VEDDELER, D.; KLEIN, A. M.; TSCHARNTKE, T. Contrasting responses of bee communities to coffee flowering at different spatial scales. **Oikos**, v. 112, n. 3, p. 594-601, 2006.

VEDDELER, D. et al. The contribution of non-managed social bees to coffee production: new economic insights based on farm scale yield data. **Agroforestry Systems**, v. 73, n. 2, p. 109-114, 2008.

VEGA, F. E. et al. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. **Terrestrial Arthropod Reviews**, v. 2, n. 2, p. 129, 2009.

VERGARA C. H.; BADANO E. I. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: the importance of rustic management systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 129, n. 1-3, p. 117-123, 2009.

WITTER, S. et al. **A produtividade agrícola e os polinizadores**. As abelhas e a agricultura. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014 p. 31-32.

APÊNCIA A – Espécies arbóreas das áreas de estudo.

Nome popular	Família	Espécie
Abacateiro	Lauraceae	<i>Persea Americana</i> Mill.
Amoreira	Moraceae	<i>Morus nigra</i> L.
Assa-Peixe	Asteraceae	<i>Vernonia polysphaera</i> Baker
Bananeira	Musaceae	Origem híbrida
Bico-de-pato	Fabaceae	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.
Cajaranda	-	-
Cabreúva	Fabaceae	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão
Canela	Lauraceae	<i>Endlicheria poniculata</i> (Spreng.) J. F. Macbr.
Capixingui	Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.
Capoierabranca	Solanaceae	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.
Cedro-australiano	Meliaceae	<i>Toona fargesii</i> A. Chev.
Coqueiro	Arecaceae	<i>Butia capitata</i> (Barb.Rodr.) Becc.
Embaúba	Cecropiaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.
Goiabeira	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.
Guapuruvu	Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S. F. Blake
Ingá	Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.
Ipê-amarelo	Bignoniaceae	<i>Tabebuia alba</i> (chan.) Sanwith
Jacarandá	Bignoniaceae	-
Jacarandámimoso	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.
Jacaré	Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J. F. Macbr.
Limoeiro	Rutaceae	-
Limoeiro (cravo)	Rutaceae	<i>Citrus bigaradia</i> Loisel.
Lixa	Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Juss.
Mamona	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.
Mamoeiro	Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.
Óleopardo	Fabaceae	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão.
Óleo-vermelho (Copaíba)	Caesalpiniaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.

Paineira	Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna.
Pau-Ferro	Fabaceae	<i>Caesalpinia leiostachya</i> (Benth.) Ducke.
Pau-Pereira	Fabaceae	<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.
sp.1	-	-
sp.2	-	-
sp.3	-	-
sp.4	-	-
sp.5	-	-
sp.6	-	-
sp.7	-	-
Tamboril	Fabaceae	<i>Enterolobium maximum</i> Ducke.
Urtiga	-	-

APÊNDICE B – Diversidade dos visitantes florais do café na Fazenda Jacarandá, Machado/MG.

Espécies	Determinador
<i>Apis mellifera</i> L.	L. Carneiro det. 2018
<i>Cephalotrigona</i> sp.1	L. Carneiro det. 2018
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp.1	L. Carneiro det. 2018
Coccinellidae sp.	L. Carneiro det. 2018
Coleoptera sp.	L. Carneiro det. 2018
Coleoptera sp.1	L. Carneiro det. 2018
Diptera sp.	L. Carneiro det. 2018
<i>Frieseomelitta</i> sp.	L. Carneiro det. 2018
<i>Friesomelitta</i> sp.1	L. Carneiro det. 2018
Halictidae sp.1	L. Carneiro det. 2018
Hemiptera sp.	L. Carneiro det. 2018
Lepidoptera sp.	L. Carneiro det. 2018
Meliponini sp.1	L. Carneiro det. 2018
Meliponini sp.3	L. Carneiro det. 2018
<i>Oxytrigona</i> sp.1	L. Carneiro det. 2018
<i>Plebeia</i> sp.	L. Carneiro det. 2018
<i>Tetragonisca</i> sp.	L. Carneiro det. 2018
Tibicinidae sp.	L. Carneiro det. 2018
<i>Trigona</i> sp.	L. Carneiro det. 2018
<i>Trigona spinipes</i> Fabricius, 1793	L. Carneiro det. 2018
Vespididae sp.	L. Carneiro det. 2018
Vespididae sp.1	L. Carneiro det. 2018
Vespididae sp.2	L. Carneiro det. 2018

APÊNDICE C - Frequência relativa (F%), número total de visitas (T) e riqueza de espécies (S) de visitantes florais. A) Cajaranda; B) Catuaí da Limeira; C) Fundo da Terra Crua; D) Alto da Terra Crua; E) Quadra Principal; F) Jatobá; G) Catuaí do Valinho (sup.); H) Catuaí do Valinho (inf.).

Categorias	A		B		C		D		E		F		G		H		I	
	F%	T	F%	T	F%	T	F%	T	F%	T	F%	T	F%	T	F%	T	F%	T
taxonômicas																		
<i>Apis mellifera</i>	9,43	5	18	13	30	3	14,6	17	5,8	2	3,7	1	14,2	5	8,33	2	-	-
<i>Cephalotrigona</i> sp.1	1	-	-	-	-	-	0,86	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp.1	-	-	1,38	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,16	1	-	-
Coccinellidae sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8	1
Coleoptera sp.	3,77	2	4,16	3	-	-	-	-	2,9	1	-	-	22,8	8	-	-	-	-
Coleoptera sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,85	1	-	-	-	-
Diptera sp.	-	-	1,38	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diptera sp. 1	-	-	1,38	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Frieseomelitta</i> sp.	52,8	28	1,38	1	-	-	10,3	12	14,7	5	-	-	14,2	5	4,16	1	5,8	1
<i>Friesomelitta</i> sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8	1
Halictidae sp.1	1,88	1	4,16	3	-	-	0,86	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hemiptera sp.	-	-	1,38	1	-	-	0,86	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lepidoptera sp.	-	-	-	-	-	-	0,86	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meliponini sp.1	-	-	-	-	-	-	9,48	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meliponini sp.3	1,88	1	16,6	12	-	-	11,2	13	8,8	3	-	-	5,71	2	12,5	3	-	-
<i>Oxytrigona</i> sp.1	1,88	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,71	2	-	-	-	-
<i>Plebeia</i> sp.	9,43	5	15,2	11	-	-	14,6	17	47	16	70,3	19	-	-	8,33	2	-	-
<i>Tetragonisca</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	8,8	3	3,7	1	-	-	-	-	-	-
Tibicinidae sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,16	1	-	-
<i>Trigona</i> sp.	11,3	6	23,6	17	30	3	20,6	24	2,9	1	18,5	5	22,8	8	33,3	8	41,1	7
<i>Trigona</i> <i>spinipes</i>	5,66	3	5,55	4	20	2	11,2	13	-	-	-	-	11,4	4	20,8	5	35,2	6
Vespidae sp.	-	-	1,38	1	-	-	-	-	5,8	2	-	-	-	-	-	-	5,8	1
Vespidae sp.1	-	-	2,77	2	20	2	0,86	1	2,9	1	3,7	1	-	-	4,16	1	-	-
Vespidae sp.2	1,88	1	1,38	1	-	-	3,44	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Riqueza de espécies (S)		10		15		4		13		9		5		8		9		6
Total de indivíduos (T)		53		72		19		116		34		27		35		24		17

¹Não observado

APÊNDICE D – Horário das visitas nas flores de café na fazenda Jacarandá, Machado/MG.

	6h-7h	7h-8h	8h-9h	9h-10h	10h- 11h	11h- 12h	12h- 13h	13h- 14h	14h- 15h	15h- 16h	16h- 17h
Categorias taxonômicas											
<i>Apis mellifera</i>	1	7	1	11	8	6	6	5	0	0	3
<i>Cephalotrigona</i> sp.1	¹	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp.1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Coccinellidae sp.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Coleoptera sp.	1	-	1	-	6	4	1	1	-	-	-
Coleoptera sp.1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Diptera sp.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Diptera sp. 1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Frieseomelitta</i> sp.	-	1	1	23	12	6	6	4	-	-	-
<i>Friesomielitta</i> sp.1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Halictidae sp.1	-	-	-	1	1	2	-	1	-	-	-
Hemiptera sp.	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
Lepidoptera sp.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Meliponini sp.1	-	-	3	6	2	-	-	-	-	-	-
Meliponini sp.3	1	1	1	9	12	1	7	2	-	-	-
<i>Oxytrigona</i> sp.1	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-
<i>Plebeia</i> sp.	3	-	13	12	17	15	4	6	-	-	-
<i>Tetragonisca</i> sp.	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-
Tibicinidae sp.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trigona</i> sp.	-	2	7	13	25	18	5	7	-	-	2
<i>Trigonaspinipes</i>	-	-	5	7	16	5	-	2	-	-	2
Vespidae sp.	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Vespidae sp.1	-	1	1	1	1	2	-	-	-	-	2
Vespidae sp.2	-	1	-	1	3	-	1	-	-	-	-

APÊNDICE E – Características das visitas e recursos coletados pelos visitantes florais.

Categoriastaxonômicas	néctar	pólen	visitante	pilhador	Total
<i>Apis mellifera</i>	215	3	74	-	292
<i>Cephalotrigona</i> sp.1	2	-	-	-	2
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp.1	5	-	-	-	5
Coccinellidae sp.	1	-	1	-	1
Coleoptera sp.	5	22	27	1	55
Coleoptera sp.1	-	-	-	1	1
Diptera sp.	1	-	2	-	3
Diptera sp. 1	9	-	-	-	9
<i>Frieseomelitta</i> sp.	91	49	18	4	162
<i>Friesomelitta</i> sp.1	1	-	-	-	1
Halictidae sp.1	-	-	9	-	9
Hemiptera sp.	1	-	-	1	2
Lepidoptera sp.	-	-	1	-	1
Meliponini sp.1	34	-	-	-	34
Meliponini sp.3	36	10	19	7	72
<i>Oxytrigona</i> sp.1	1	-	3	-	4
<i>Plebeia</i> sp.	101	14	27	44	186
<i>Tetragonisca</i> sp.	7	2	-	-	9
Tibicinidae sp.	5	-	12	-	17
<i>Trigona</i> sp.	108	17	34	49	208
<i>Trigona spinipes</i>	62	15	25	24	126
Vespidae sp.	6	1	2	-	9
Vespidae sp.1	4	-	8	5	17
Vespidae sp.2	5	-	6	-	11
Total	699	133	268	136	1236

¹Não observado